

INDÚSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS



ESTUDIO DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA DE COCCIÓN EN LA CALIDAD NUTRICIONAL Y LA TEXTURA EN UN PRODUCTO DE V GAMA ESTERILIZADO A PARTIR DE JUDÍA VERDE (*Phaseolus vulgaris* var. *perona*)

ALUMNA: Mireia Peñas Hernández

TUTORAS: Maria Isabel Achaerandio
Montserrat Pujolà Cunill

CONVOCATÒRIA: Abril - Mayo 2007



ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Las conservas de vegetales	4
1.2. Los productos de V gama	6
1.3. La judía verde	9
1.3.1. Producción y usos	9
1.3.2. Composición nutricional	10
1.4. Análisis de la textura en alimentos	12
1.4.1. Aspectos generales	12
1.4.2. La textura en los vegetales	15
1.5. Pérdida de peso durante el procesado	20
1.6. La Vitamina C (ác. Ascórbico)	21
1.7. El 5-Hidroximetilfurfural	23
2. OBJETIVOS	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS	26
3.1. Material	26
3.1.1. Las judías verdes	26
3.1.2. Las judías en conserva comerciales	26
3.2. Equipos e instrumentos	29
3.2.1. Autoclave de la Planta Piloto de Industrias	29
3.2.2. Envasadora de vacío	31
3.2.3. Texturómetro	31
3.2.4. HPLC	32



	Pág.
3.3. Métodos	34
3.3.1. Procesado de las judías	34
3.3.2. Estimación de la pérdida de peso	35
3.3.3. Análisis de la textura	36
3.3.4. Análisis de ácido ascórbico	37
3.3.4.1. Fundamento	37
3.3.4.2. Procedimiento	37
3.3.5. Análisis del 5-Hidroximetilfurfural	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Temperaturas de cocción en autoclave	40
4.2. Textura	42
4.2.1. Estudio de la firmeza (sonda P2/N)	42
4.2.1.1. La judía cruda	43
4.2.1.2. Efecto de la cocción	44
4.2.1.3. Efecto de la conservación en frío	47
4.2.1.4. Efecto de la conservación al vacío	49
4.2.1.5. Comparación con muestras comerciales	50
4.2.2. Estudio de la ternura (sonda WB)	51
4.2.2.1. La judía cruda	52
4.2.2.2. Efecto de la cocción	53
4.2.2.3. Efecto de la conservación en frío	55
4.2.2.4. Efecto de la conservación al vacío	57
4.2.2.5. Comparación con muestras comerciales	58
4.3. La pérdida de peso	59
4.3.1. Efecto de la cocción	59
4.3.2. Efecto de la conservación en frío	60
4.3.3. Efecto de la conservación al vacío	61



	Pág.
4.4. Ácido ascórbico	62
4.4.1. Las judías crudas	62
4.4.2. Efecto de la cocción	63
4.4.3. Efecto de la conservación en frío	64
4.4.4. Efecto de la conservación al vacío	65
4.4.5. Comparación con muestras comerciales	66
4.5. 5-Hidroximetilfurfural	67
5. CONCLUSIONES	69
6. BIBLIOGRAFIA	70

RESUMEN

El crecimiento en el mercado de los platos preparados y la comida rápida a la vez que sana, inocua y de alta calidad nutricional hace necesario un estudio sobre posibilidades de ampliar la actual oferta de este tipo de alimentos. Los productos de V gama presentan éstas características.

El objetivo del presente estudio es evaluar los efectos en la calidad nutricional y en la textura de las judías verdes (*Phaseolus vulgaris* var. *perona*) envasadas al vacío y esterilizadas en autoclave a diferentes temperaturas a fin de obtener el tratamiento térmico más adecuado para la elaboración de un producto de V gama esterilizado. Se trataron térmicamente judías verdes a distintas temperaturas: 100, 105, 110, 115 y 121°C, y se analizó el contenido en vitamina C, como indicador de la pérdida nutricional, la textura, como indicador de la calidad sensorial, la pérdida de peso debida al tratamiento y la concentración de 5- Hidroximetilfurfural (HMF) como indicador de *browning* debido a la temperatura por su implicación en las reacciones de Maillard (pardeamiento no enzimático). Los mismos análisis se llevaron a cabo 7 días después del tratamiento térmico a fin de asegurar las cualidades nutricionales y sensoriales del producto a lo largo del tiempo de almacenaje. Así mismo, los valores obtenidos se compararon con los mismos análisis obtenidos en conservas comerciales de judías verdes y otros platos precocinados.

Se determinó, como resultado de los distintos parámetros analizados, que el tratamiento a 110°C era el más adecuado, puesto que la textura final entraba dentro de los parámetros aceptables, la pérdida de peso y de ácido ascórbico fue la menor y el tratamiento térmico fue el más corto necesario para obtener la cocción del producto.

RESUM

El creixement al mercat dels plats precuinats i el menjar ràpid a la vegada que sa, inocu i d'alta qualitat nutricional fa necessari un estudi sobre les possibilitats d'ampliar la actual oferta d'aquest tipus d'aliments. Els productes de V gamma presenten aquestes característiques.

L'objectiu del present estudi és el d'evaluar els efectes en la qualitat nutricional i en la textura de les mongetes verdes (*Phaseolus vulgaris* var. *perona*) envasades al buit i esterilitzades a l'autoclau a diferents temperatures a fi d'obtenir el tractament tèrmic més adequat per l'elaboració d'un producte de V gamma esterilitzat. Es van tractar tèrmicament mongetes verdes a diferents temperatures: 100, 105, 110, 115 i 121°C, i es va analitzar el seu contingut en vitamina C, com a indicador de la pèrdua nutricional, la textura, com a indicador de la qualitat sensorial, la pèrdua de pes deguda al tractament i la concentració en 5-Hidroximetilfurfural (HMF) com a indicador de *browning* degut a la temperatura, per la seva implicació en les reaccions de Maillard (enfosquiment no enzimàtic). Els mateixos anàlisi es van realitzar 7 dies després del tractament tèrmic a fi d'assegurar les qualitats nutricionals i sensorials del producte al llarg del temps d'emmagatzematge. Així mateix, els valors obtinguts es van comparar amb els mateixos anàlisi obtinguts en conserves comercials de mongetes verdes i altres plats precuinats.

Es va determinar com a resultat dles diferents paràmetres analitzats, que el tractament a 110°C era el més adequat, ja que la textura final entraba dins els paràmetres acceptables, la pèrdua de pes i d'àcid ascòrbic fou la menor, i el tractament tèrmic va ser el més curt necessari per obtenir la cocció del producte.

ABSTRACT

The market growth of the ready-to-eat foods and fast foods, that have to be healthy, harmfulness and with high nutritional quality, makes necessary to carry out a study of the possibility to enlarge the supply of this kind of foods. The ready-to-eat products made from vegetables show these characteristics.

The objective of this work relies on testing the effects on nutritional quality and texture of green beans (*Phaseolus vulgaris* var. *perona*) vacuum packed and sterilized in an autoclave at different temperatures in order to obtain the better treatment for a ready-to-eat sterilized product elaboration. The green beans were treated at different temperatures: 100, 105, 110, 115 and 121°C. They were analyzed for different parameters: ascorbic acid, as nutritional loss indicator; texture, as a sensorial quality indicator; the loss of weight due to the treatment and the 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) concentration as a browning indicator, for its implication on the Maillard reactions (non enzymatic browning) due to high temperatures. The same analyses were conducted seven days before the day of being processed in order to assure the sensorial and nutritional quality of the product through the storage. As well, the results obtained were compared with the ones obtained from commercial canned green beans and other ready-to-eat vegetable foods.

As a result of the different parameters analyzed, the better treatment achieved was at 110°C, since the texture was into an acceptable values, the loss of weight and ascorbic acid was the smallest and the sterilizing program was the shorter necessary for the product cooking.

1. Introducción

1.1. Las conservas de vegetales.

Los vegetales y hortalizas representan una parte importante de la dieta equilibrada, gracias a sus aportes de vitaminas, minerales, bajos en grasa y proporcionando a su vez color, sabor y textura. Varios estudios han demostrado que reducen el riesgo a padecer algunos tipos de cáncer, gracias a sus altos contenidos en fibra y antioxidantes (Kala y Prakash 2006, Farell D. J. 1997, Martins et al. 2003, García et al. 2000, Zhang y Hamazu, 2004).

Los vegetales frescos tienen una corta vida útil, y están expuestos a condiciones que destruyen su calidad en un corto período de tiempo, antes de ser cocidos y consumidos. Por este motivo y por la dependencia estacional del cultivo y recolección de los vegetales se hace necesario la aplicación de tecnologías de la preservación, combinando el mantenimiento de sus características (nutricionales y sensoriales) y alargando su vida útil (Giannakourou et al., 2002)

Ya desde antiguo se hallaron formas de proteger los alimentos conservándolos en lugares oscuros y frescos, con sustancias protectoras (miel, vinagre, aceite, sal...).

Pero fue en 1803 que Nicolás Appert, empezó a usar los métodos de esterilización de conservas, en frascos de cristal y con tapones de corcho totalmente herméticos. Se introducía el frasco en un cazo de agua hirviendo y así se esterilizaba su contenido. Luego, tras numerosos experimentos, Appert llega a la conclusión que el vapor es más eficaz que el agua hirviendo.

En 1810, Peter Durand, patenta la lata como envase más resistente para las conservas.

Los primeros estudios científicos los llevó a cabo Louis Pasteur en 1850, cuando explica lo inalterable de los alimentos por la microbiología al esterilizarlos. En 1862 crea la pasteurización de los alimentos.

En 1851, Raymond Chevalier-Appert, sobrino de Nicolás Appert, inventa el autoclave, permitiendo alcanzar altas temperaturas a alta presión. (Sanz et al., 2000)

Gracias a las guerras del siglo XX las conservas de alimentos se extienden y la industria conservera se vuelve importante en el sector alimentario y a mediados de siglo ya se empieza a dar importancia a las cualidades nutricionales de las conservas, como las vitaminas y la degradación de éstas en presencia de oxígeno.

A consecuencia de los nuevos estilos de vida, se han producido cambios en los hábitos de consumo, resultando en una gran demanda de alimentos variados y platos preparados (Nursal et Al. 2000).

Actualmente, la vida cada vez más rápida y estresante, deja poco tiempo para dedicar a la cocina y por este motivo cada vez son más comunes en los supermercados los platos precocinados, y comidas preparadas ultracongeladas entre otras. Una vez superados los retos de la conservación, el consumidor cada vez más pide que los alimentos procesados sean:

- Mejores nutritivamente
- Más “naturales”
- Más adecuados y adaptados al actual estilo de vida rápida
- Inocuos, sanitariamente muy seguros.

La nutrición se asocia actualmente a requisitos sanitarios más específicos: el consumidor pide alimentos con mayor contenido en fibra, bajo contenido en grasa y ausencia de aditivos y conservantes (Rees y Bettison, 1991). En la figura 1 podemos observar cómo éstos requisitos son cada vez más importantes para la población.

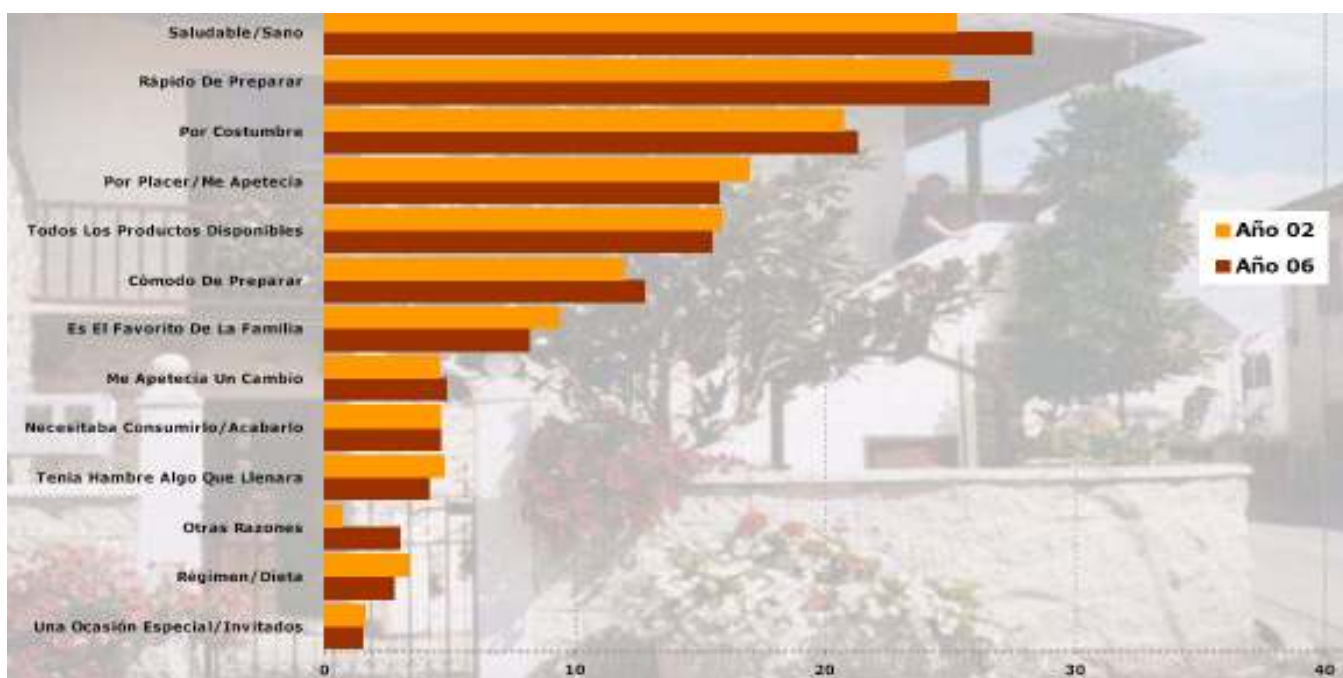


Fig. 1. Vectores que rigen el consumo: seguridad y rapidez. Fuente: estadísticas MAPA.

1.2. Los productos de V gama

Gracias a las nuevas demandas de los consumidores en lo que se refiere a alimentación, y a causa de que se pide mayor calidad nutricional y sensorial, las conservas evolucionan, dando lugar a diferentes productos que hoy se encuentran ya en el mercado, y que aunque su duración no es tan larga como el de la conserva propiamente dicha, las cualidades nutricionales y sensoriales son mayores gracias a que los tratamientos aplicados han sido menos agresivos. Así, nacen las semiconservas, dentro de las cuales encontramos los productos de V gama.

Las semiconservas son productos estabilizados por un tiempo limitado, gracias a un tratamiento apropiado y mantenidas en recipientes impermeables al agua. Su duración de utilización puede prolongarse almacenándolos refrigerados. Las ventajas de este tipo de semiconservas son (Sanz et al. , 2000):

- No se altera la estructura del producto y las pérdidas son mínimas
- El envasado al vacío permite que se cocine en su jugo
- No hay contaminación post-tratamiento

Los inconvenientes serían:

- No puede utilizarse con muchos productos
- El coste del equipo es alto
- El control de higiene y temperatura es esencial.

La denominación de “V gama” designaba esencialmente los platos cocinados preparados de antemano y las hortalizas cocidas presentadas al vacío. Posteriormente, la V gama de hortalizas se ha aplicado a todos los productos a base de vegetales que habiendo sufrido un tratamiento térmico se les garantiza una conservación de al menos 6 semanas. (Tirilly y Bourgeois, 2002)

Así, la V gama, son productos que necesitan aplicación de tratamiento térmico y envasado al vacío. Para su conservación es necesaria la aplicación de frío. Hay dos tipos, los platos esterilizados y los pasteurizados. (Bernal, 2006).

- La V gama pasteurizada: Es todo tipo de producto alimenticio vegetal que habiendo sufrido un tratamiento térmico a temperaturas comprendidas entre 65 y 85°C, se conserva entre 21 y 41 días a $2 \pm 2^\circ\text{C}$.

- La V gama esterilizada: es todo producto alimenticio de origen vegetal que habiendo sufrido un tratamiento térmico conforme a las normas de esterilización y a una temperatura superior a 100°C con objeto de destruir o inhibir totalmente los microorganismos y sus toxinas, está acondicionado en un recipiente estanco a los líquidos y a las agresiones microbianas. (Tirilly y Bourgeois, 2002)

En la Figura 2 podemos observar el procedimiento de preparación de hortalizas de V gama esterilizados utilizado generalmente en la industria alimentaria. Se utiliza generalmente en patatas, remolacha y zanahorias.

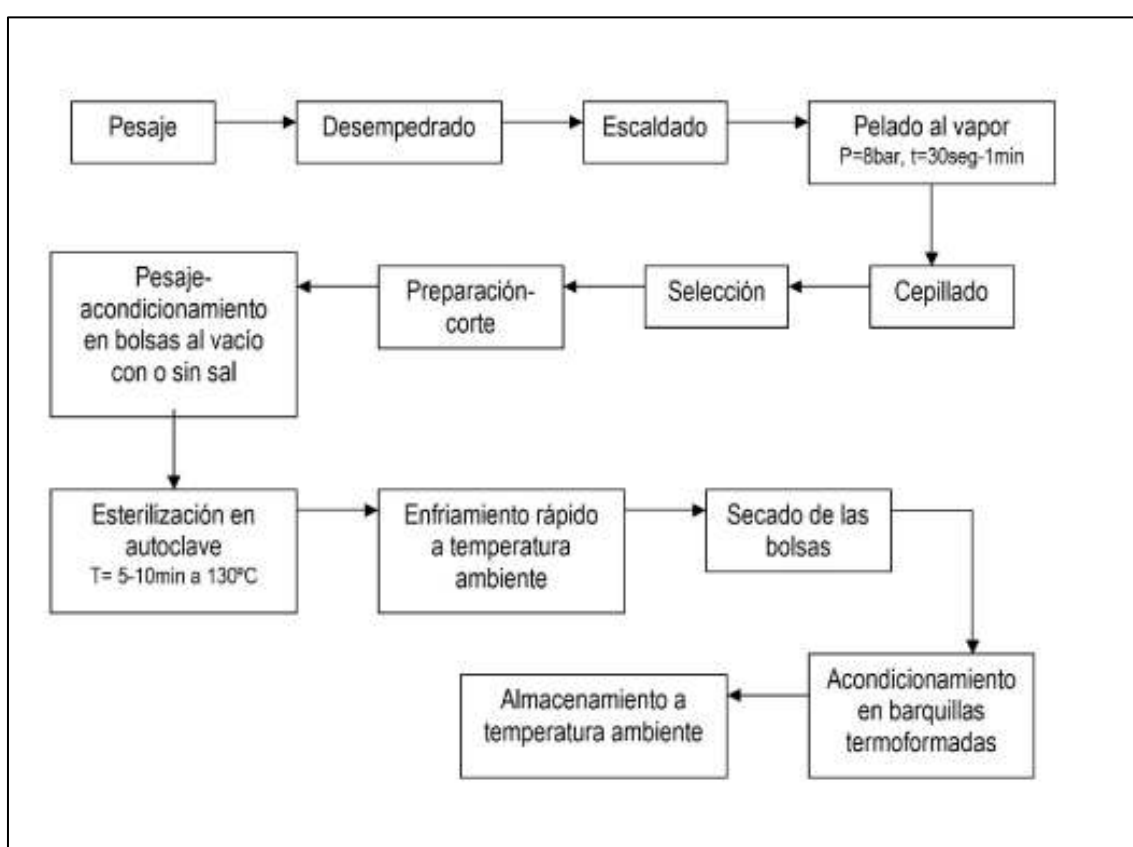


Fig. 2. Esquema de la tecnología de las hortalizas precocidas esterilizadas. Fuente: Tirilly y Bourgeois, 2002

La esterilización de alimentos es una de las técnicas de preservación más importantes, permitiendo una alta durabilidad y fácil transporte del alimento. Es un tratamiento de alta intensidad, que al contrario de la pasteurización, se realiza a temperaturas superiores a 100°C (Casp y Abril, 1999). Su objetivo primero es destruir los microorganismos patógenos y los que estropean el alimento, así como sus esporas aplicando un tratamiento térmico para alcanzar una esterilidad comercial. Pero la



aplicación de calor también provoca una pérdida significativa de nutrientes (Ávila et al. 1999).

Se tiende a emplear temperaturas más altas y tiempos más cortos (esterilización HTST) para que los productos conserven una mejor calidad en cuanto a su valor nutritivo, consistencia, aroma y color. (García et al. 2000)

Así, la reducción decimal (tiempo necesario de tratamiento a cierta temperatura para reducir una característica en un instante determinado a una décima parte de la que había inicialmente) de las cualidades organolépticas a 60°C es 2 veces menor que el de la destrucción bacteriana, mientras que es 36 veces mayor a 90°C.

1.3. La judía verde (*Phaseolus vulgaris*)

1.3.1. Producción y usos

Se cree, según datos arqueológicos, que la judía verde ya fue domesticada en Perú y México hace de 8 a 10.000 años. Antes de llegar a Europa, la judía verde ya era extensamente cultivada en América dónde se cultivaba por su grano seco. Pero sus vainas filamentosas y apergaminadas impedían que ésta se pudiera comer verde.

En Europa, fue introducida por Cristóbal Colón. Gracias a su buena conservación, la judía seca se extiende rápidamente por el mundo.

Fue ya en el siglo XVIII que se empieza a consumir en fresco. Actualmente el consumo de judía verde está ampliamente extendido en todo el mundo tanto en fresco (judía verde recién recolectada) como en seco (en forma de semillas secas).

Según las fuentes de la FAO, en el 2005 se produjeron, en España, 214.700 Tn de Judías verdes en un área total de 17.500 Ha, y se consumieron 254.000 Tn, ya que se exportaron 23.000 Tn judías ese mismo año y se importaron 104.000 Tn. Podemos ver los datos de Superficie cultivada y Producción de judía verde en España en los años 2005 y 2006 en la tabla 1.

	Superficie (miles Ha)		Producción (miles Tn)	
	2005	2006	2005	2006
Judía verde	17,5	15,7	214,7	214,0

Tabla 1. Producción de judía verde en España. *Fuente: MAPA*

Gran parte de ésta producción no se consume fresco, a causa de su corta vida útil (de 1 a 2 semanas en refrigeración de 0 a 4°C (García et al. , 2000)) sino que es procesada en la industria alimentaria, dónde principalmente es congelada, o recibe algún tipo de tratamiento térmico para alargar su vida útil.

Dentro de la industria conservera se diferencian distintos tipos de calidad de la judía:

- Calidad extra.- Se incluyen en esta categoría las judías verdes enteras y las judías verdes en trozos, de líquido claro o ligeramente turbio, color y consistencia buenos, sin granos ni hilos y regularmente libres de defectos.

○ Categoría I.- Corresponde esta categoría a las judías verdes enteras, judías verdes en trozos, judías verdes en tiras y judías verdes cortadas tipo menestra, de líquido turbio, color y consistencia aceptables y libres de defectos graves

○ Categoría II.- Se incluyen bajo esta denominación las conservas de judías verdes que no reúnan los factores de calidad exigidos a las categorías anteriores, pero que cumplan las categorías generales dadas antes.

1.3.2. Composición nutricional

La judía verde, al igual que todas las hortalizas es muy rica en vitaminas, fibra, glúcidos y baja en grasa. En la tabla 2 podemos ver su composición en fresco y después de distintos tratamientos.

	Cruda	Cocida	Congelada	Congelada y cocida
Energía (Kcal)	24	24	26	19
Energía (KJ)	102	102	112	79
Agua(g)	90,3	90,4	89,6	90,8
Proteínas (g)	2,1	1,8	2	1,6
Glúcidos dispon. (g)	3,6	3,9	4,1	2,8
Azúcares (g)	2,2	2,5	2,4	1,3
Almidón (g)	1,4	1,4	1,7	1,5
Fibra (g)	3,1	3	3,6	4
Lípidos (g)	0,2	0,2	0,2	0,1
Sodio (mg)	4	3	4	10
Magnesio (mg)	28	20	20	16
Fósforo (mg)	38	40	33	23
Potasio (mg)	243	240	204	122
Calcio (mg)	56	40	47	46
Hierro (mg)	1	1,2	0,8	0,7
Eq. B-caroteno (µg)	340	336	280	170
Vitamina E (mg)	0,24	0,2	0,2	0,11
Vitamina C (mg)	16	10	11	8
Tiamina (mg)	0,08	0,06	0,08	0,05
Riboflavina (mg)	0,1	0,07	0,1	0,08
Ac. Pantoténico (mg)	0,7	0,07	0,07	0,06
Vitamina B6 (mg)	0,9	0,06	0,12	0,06
Vitamina B12 (µg)	0,14	0	0	0
Folatos (µg)	70	45	60	46

Tabla 2. Composición de la judía verde “cruda”, “cocida”, “congelada” y “cocida y congelada”. Fuente: Favier et al., 1995.



Podemos observar que los componentes menos estables después de los distintos tratamientos son la Vitamina C , el Ácido Pantoténico, la Vitamina B6 y la B12. Éstos componentes se ven gravemente mermados a causa de los tratamientos a los que se somete a las judías industrialmente.

El potasio y el magnesio, dentro de los minerales, también sufren pérdidas durante estos tratamientos.

El pH de las judías verdes se encuentra entre 4,6 y 6,5, por o tanto es un alimento ligeramente ácido (Sanz Gómez.J, 2000).

1.4. Análisis de la Textura en alimentos

1.4.1. Aspectos generales

La palabra *textura* deriva del latín *textura*, que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos.

Hoy en día se define textura de un alimento como “todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y si es apropiado, visuales y auditivos” (ISO 5492-1992). Trata de nuestra percepción del producto y cómo éste se comporta al ser manipulado e ingerido.

La textura juega un papel importante en la apreciación que hacemos del alimento, y a menudo constituye un criterio por el cual juzgamos su calidad. Es una cualidad sensorial especialmente importante en las hortalizas ya que una textura firme se considera un índice de frescura y un factor determinante en su aceptabilidad (García et al. 2000).

La apariencia ya juega un papel importante en la percepción de la textura; características tales como color, tamaño y forma, así como aspectos de estructura, se adelantan a la interacción física con el alimento. Incluso antes de que el alimento esté en la boca ya recogemos una determinada información sobre la textura de los alimentos a partir de estímulos visuales, táctiles e incluso auditivos.

La percepción inicial de la boca (sin morder), se percibe a velocidad baja de deformación.

En las primeras masticaciones se rompe la mayor parte de la estructura, y los materiales quebradizos se fracturan, los materiales fibrosos se desgarran, y el alimento es mezclado y amasado formando el bolo alimenticio. Es durante el ciclo de masticación que se perciben una alta variedad de características, de composición física, de deformación y de rotura.

Los esfuerzos por medir todos estos atributos de textura de una forma objetiva y acercándose a una normalización han dado lugar a algunas técnicas instrumentales de medida de textura. Scott-Blair (1958) clasifica las técnicas instrumentales de medición de la textura en:

1. Ensayos fundamentales, que miden propiedades reológicas fundamentales, tales como viscosidad y módulo elástico. Desde el punto de vista práctico presentan poco interés, ya que solamente pueden ser útiles para definir o caracterizar sistemas, sus

relaciones con la estructura y proporcionan las bases para el desarrollo de ensayos empíricos o imitativos. Además se ha demostrado que en general ofrecen correlaciones muy pobres con la evaluación sensorial de la textura y las pruebas requieren de un material homogéneo y de forma o tamaño perfectamente conocido, entre otras.

2. Ensayos empíricos, son las más utilizadas en la industria, principalmente debido a su rapidez y sencillez, además de que ofrecen mejores correlaciones con la evaluación sensorial que las pruebas fundamentales. Sin embargo los resultados obtenidos son válidos solamente para ese instrumento, y no pueden extrapolarse a otro sistema de medida.
3. Ensayos imitativos, se desarrollan bajo condiciones que simulan las que se utilizan a la práctica. Se realiza mediante máquinas que están equipadas para proporcionar medidas de esfuerzo i/o deformación durante la secuencia de ensayo. Así se realizan, mediante un texturómetro los Análisis de Perfiles de Textura (TPA - *Textura Profile Analysis*). (Aguilera y de Dios, 2001) (Figuras 4 y 5)

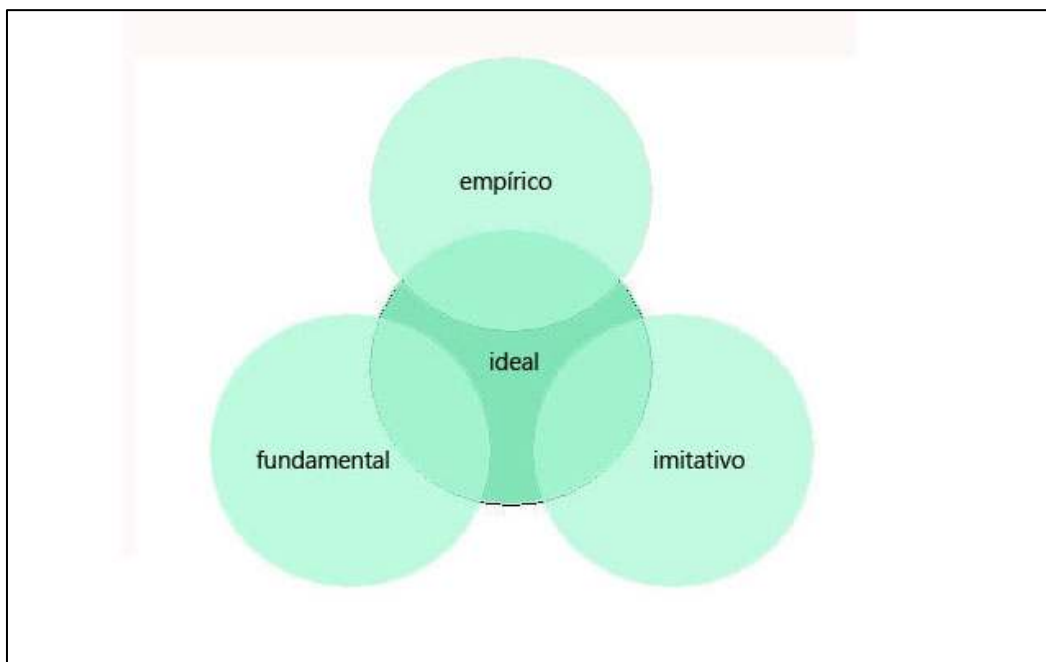


Fig. 3. Representación esquemática del aparato ideal de medida de la textura y su derivación de ensayos imitativos, fundamentales y empíricos. *Fuente: Bourne, M. (2002)*

En la figura 3 podemos ver lo que sería el análisis ideal de la textura que tendría los componentes de los tres tipos de ensayos.

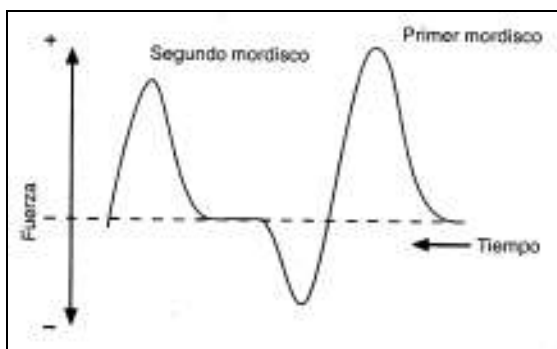


Fig. 4. Aspectos de un análisis de Perfil de Textura (TPA) Fuente: *Rosenthal, A.J. 2001*

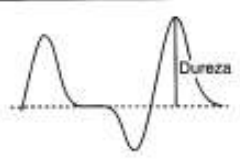

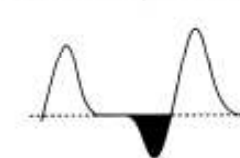
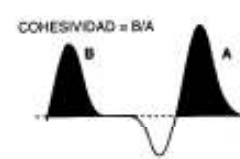
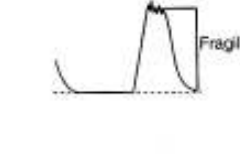
Parámetro	Definición sensorial	Definición instrumental
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares	
Elasticidad	La extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza	 Ciclo = Segundo contacto - Primer contacto Elasticidad = Ciclo para un material inelástico - Ciclo para el alimento
Adhesividad	El trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie	
Cohesividad	La fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento	 COHESIVIDAD = B/A
Fragilidad	La fuerza a la que material se fractura. Los alimentos frágiles nunca son adhesivos	
Masticabilidad	La energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado	= Dureza × Cohesividad × Elasticidad
Gomosidad	La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado	= Dureza × Cohesividad

Fig.5. Parámetros medidos por un análisis de Perfiles de Textura (TPA). Fuente: *Rosenthal, A.J. 2001*

1.4.2. La textura en los vegetales

En frutas y hortalizas la textura viene dada por la estructura de las células que lo constituyen. Una de las características del reino vegetal, tal y como vemos en la figura 6, es que el plasmalema está rodeado por la pared celular, compuesta de fibras de celulosa y hemicelulosa en una matriz de agua y pectina.

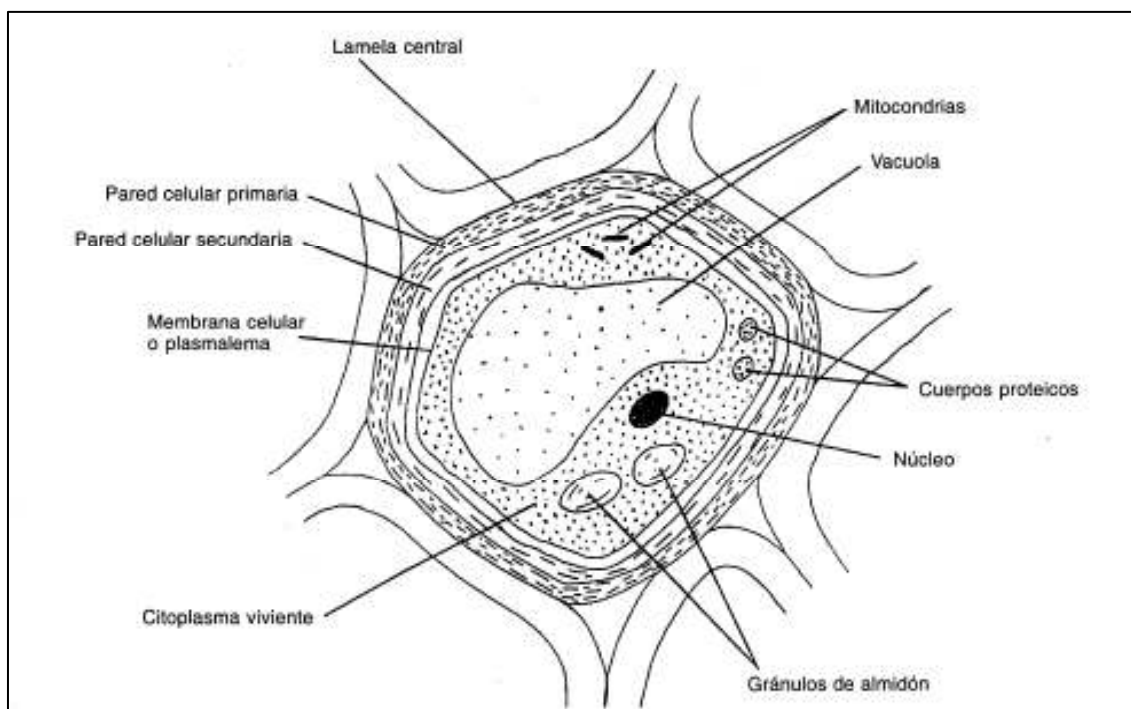


Fig. 6. Estructura la célula vegetal. Fuente: Rosenthal, A.J. 2001

Las paredes vegetales imparten un grado de rigidez, y la presión de turgencia dentro de las células individuales es el principal significado del mantenimiento de la forma del tejido.

La celulosa en el tejido vegetal es el factor principal que explica el comportamiento en la fractura de este material, y éste está muy ligado a la presencia de agua.

En el procesado térmico de las verduras se rompen la estructura de las células, y se reblandece la textura, lo que se debe a distintos factores como la pérdida de turgencia, el aire vascular y extracelular, y la desnaturalización y degradación de los componentes de la membrana celular y de otros polisacáridos (figura 7). Los gránulos de almidón se gelatinizan, mientras que los tejidos esclarenquimatosos mantienen su rigidez incluso tras un calentamiento prolongado. (Rosenthal, J .A. 2001, García et al. 2000)

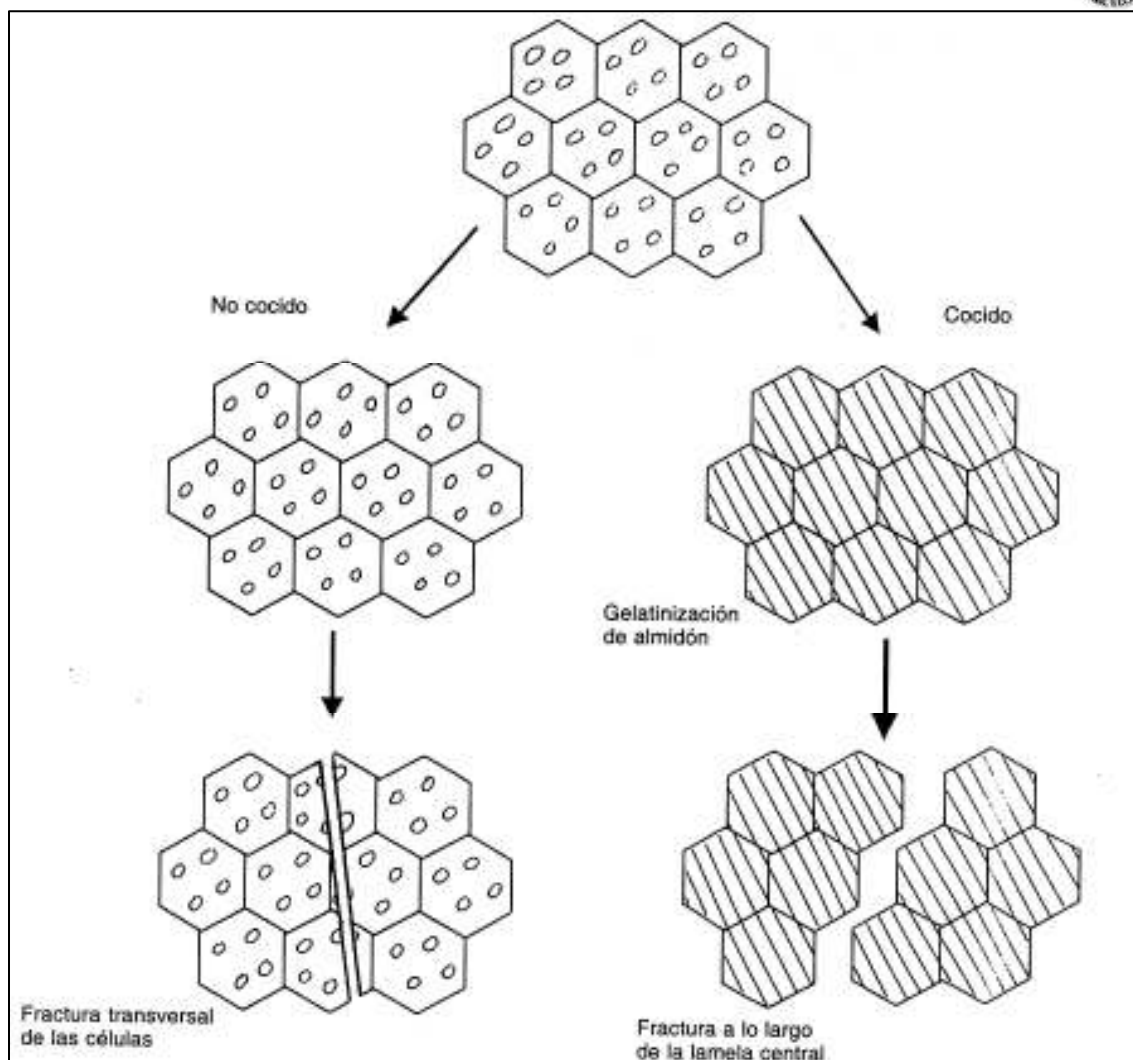


Fig. 7. Diagrama sobre los cambios en las propiedades de fractura del tejido vegetal como resultado de un tratamiento de calor. *Fuente: Rosenthal, A.J. 2001*

El tratamiento térmico modifica los planos de fractura de las células vegetales. Un estudio sobre la textura de las judías verdes crudas y después de distintos tratamientos térmicos (Stolle-Smits et al, 1998), demostró que en la judía verde cruda, la fractura se produce entre las células tal y como podemos observar en la figura 7(i), y los gránulos de almidón pueden verse perfectamente formados dentro de la célula (St). Después de un tratamiento de blanqueamiento a 90°C y una esterilización a 118°C durante 30 minutos, los planos de fractura cambian, como podemos observar en la figura 7(ii). La fractura ahora se produce a lo largo de la lamela central, dejando las células intactas, a causa de la degradación de las pectinas que la forman, mientras que las paredes celulares quedan intactas.

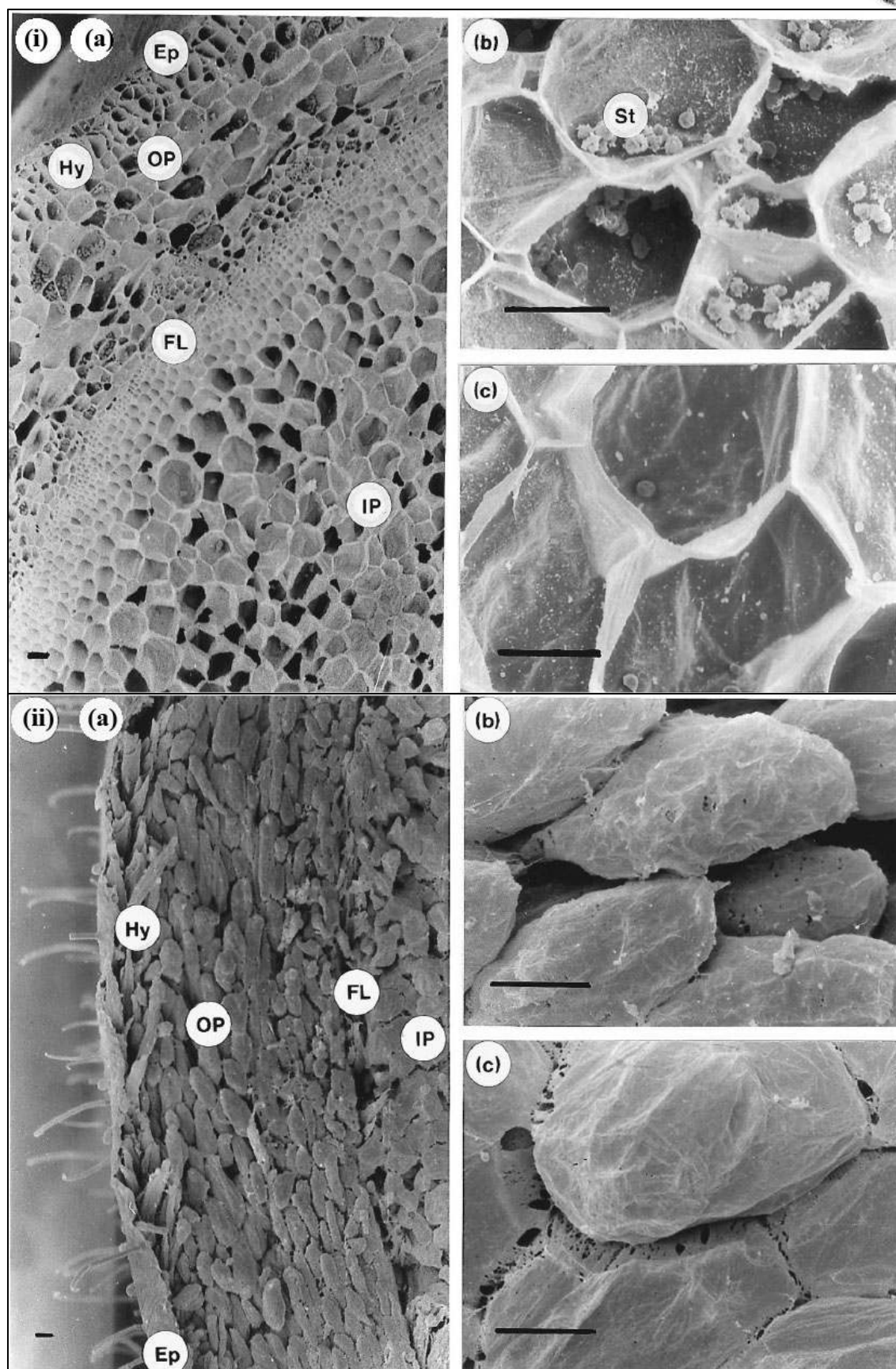


Fig. 8. Escaneado con Microscopio electrónico de los planos de rotura de (i)judías verdes crudas y (ii) judías verdes tras un blanqueo a 90°C y esterilización a 118°C durante 30 min. Se puede apreciar (a) entre las células (b) parénquima externo (c) parénquima interno. *Fuente: Stolle-Smith et al., 1997)*

En la esterilización, la modificación de la textura puede reducirse al mínimo utilizando productos menos maduros y tratamientos térmicos menos intensos (García et al. 2000).

En los últimos años, el analizador de textura de la firma Stable Micro Systems (SMS), ha cobrado gran auge entre los especialistas de textura en diversas empresas productoras de alimentos y materias primas. (Aguilera y De Dios, 2001)

Prueba de penetración o punción

Es uno de los métodos más ampliamente utilizados para evaluar la textura de alimentos sólidos, así como uno de los más sencillos. En éstas la penetración en el alimento se lleva a cabo hasta una profundidad tal que cause un flujo del material. Por lo general se mide la fuerza máxima de penetración, como una medida de firmeza o consistencia del producto, y su cohesión interna y a partir de las curvas de fuerza – distancia, pueden calcularse otros parámetros. Es una prueba sencilla para frutas y vegetales frescos así como en otro tipo de productos. (Aguilera y De Dios, 2001).

Así, éste tipo de test, se caracteriza por:

- (a) La fuerza máxima medida por el instrumento
- (b) La penetración de la sonda en el alimento que causa un flujo de alimento
- (c) La profundidad de penetración que normalmente es constante.

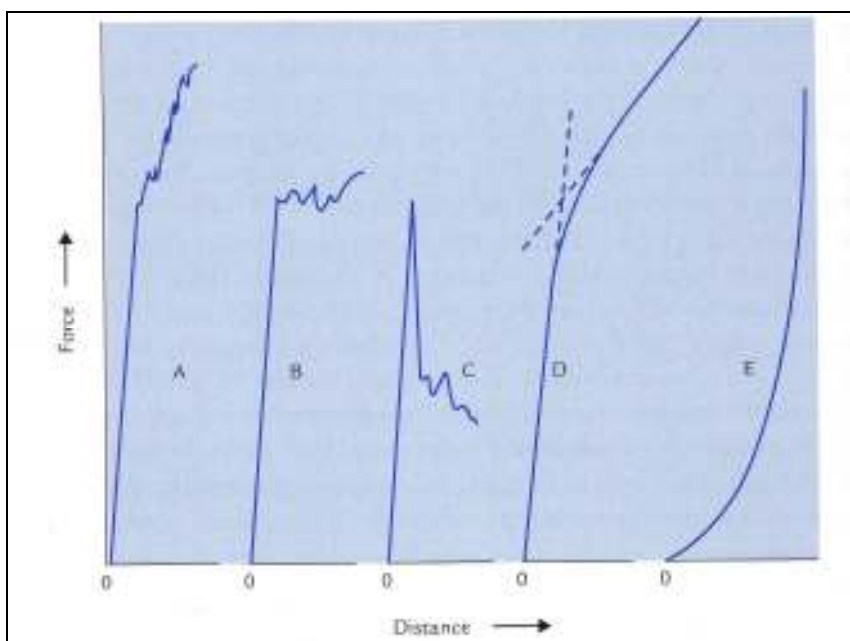


Fig. 9. Representación esquemática de diferentes tipos de curvas fuerza-distancia en tests de punción. *Fuente: Bourne, 2002*

Se diferencian cinco tipos básicos de curvas obtenidas en este tipo de test, tal y como se observa en la Figura 9. En los tipos A, B, y C, hay un aumento inicial rápido en la fuerza aplicada en muy poca distancia, en la que se deforma la superficie del alimento pero no se produce la punción. En el momento en que se atraviesa la superficie del alimento, la fuerza de penetración cambia bruscamente. A este punto se le llama “*punto de cedida*”, que marca el punto en que la sonda penetra en el alimento, y es el punto más interesante en el test de penetración. En los tres diferentes tipos de gráficos, una vez atravesado el *punto de cedida*, la fuerza ejercida continúa aumentando (A), es aproximadamente constante (B), o decrece bruscamente (C).

Las curvas de tipo D y E se obtienen principalmente en pastas de almidón o similares.

El objetivo de esta prueba es determinar la firmeza del producto final, así como el grado de madurez o marchitez inicial del producto fresco, para que éste se encuentre dentro de unas propiedades sensoriales aceptables para el consumidor.

Prueba de corte o cizalla

Durante la masticación los alimentos se ven sometidos principalmente a fuerzas de cizallamiento. Se entiende por cizallamiento el desplazamiento de unas capas de material sobre otras por acción de una fuerza que actúa tangencialmente a la superficie considerada.

La sonda más conocida es la llamada Warner – Bratzler, ampliamente conocida para medir la ternura de la carne, aunque también útil en otro tipo de productos. El parámetro que se mide es la fuerza máxima de cizallamiento. Refleja una evaluación sensorial de la ternura.

La Warner-Bratzler consiste en una lámina metálica de aproximadamente 1mm de espesor provista de un orificio triangular de aproximadamente 25mm de lado, que actúa como cuchilla. La muestra se coloca atravesada y apoyada en la parte inferior del triángulo invertido y se fuerza su corte haciendo descender las barras a una velocidad determinada. (Aguilera y De Dios, 2001).

Se miden efectos de extensión, compresión, flexión y cizalla. (Roudot, 2004)

El objetivo de esta prueba es determinar la ternura del producto final, dándonos una idea del comportamiento de éste frente a la masticación en la boca, así como para determinar una aceptabilidad en la cocción final, es decir, si el tratamiento térmico aplicado ha sido suficiente o excesivo.

1.5. Pérdida de peso durante el procesado

La pérdida de peso es un parámetro importante como indicador de la pérdida de agua del alimento durante el tratamiento térmico, que influye de forma definitiva en la textura final de éste así como en la pérdida de nutrientes solubles.

El agua es el componente mayoritario de los alimentos en sus dos estados: agua ligada a otros constituyentes y agua libre, móvil, de volumen y estructura variables y fácil de extraer. La elevación de la temperatura acelera la evaporación superficial de esta agua hasta que se produce una verdadera vaporización a 100°C, así como favorece la conversión en agua libre de agua parcialmente ligada. (Casp y Abril, 1999).

Por lo tanto cabe esperar que a mayor tiempo y mayor temperatura, la pérdida de peso sea mayor, cosa que refleja una mayor pérdida de nutrientes solubles y un máximo defecto en la textura final del producto. El objetivo, por lo tanto, del análisis de la pérdida de peso, es tomarlo como indicador de pérdida de nutrientes solubles y de textura final, así como pérdida neta en el producto final.

1.6. La Vitamina C (ácido ascórbico)

Los vegetales se caracterizan por el alto contenido en vitaminas hidrosolubles, entre ellas, particularmente la Vitamina C, que actúa como una antioxidante natural previniendo un gran número de enfermedades.

El tratamiento térmico tiene por efecto principal acelerar la velocidad de las reacciones químicas. En las hortalizas tales como la judía verde, son en especial las vitaminas B1 y C las que tienen velocidades de degradación más importantes a altas temperaturas (García et al. , 2000).

El ácido L-ascórbico(AA) o Vitamina C es una lactona provista de un grupo endiol. El producto de la oxidación del ácido ascórbico, el ácido dehidroascórbico (DHA), es un 2,3-diacetal que en solución existe predominantemente en forma de un diciclo hidratado. Los dos poseen actividad biológica, y se encuentran en balance redox ($AA \leftrightarrow DHA$).

La ácido ascórbico oxidasa, la citocromo oxidasa y la peroxidasa, que son las principales enzimas presentes en frutas y hortalizas responsables de la oxidación de la vitamina C, actúan durante el almacenamiento de estos productos, pero durante el procesado de los alimentos las pérdidas de vitamina C debidas a la destrucción enzimática son mínimas. Éstas, se deben principalmente a reacciones no enzimáticas oxidativas y no oxidativas. Las reacciones no oxidativas son comparativamente lentas. (Wong, 1995, Sánchez-Mata et al. 2003)

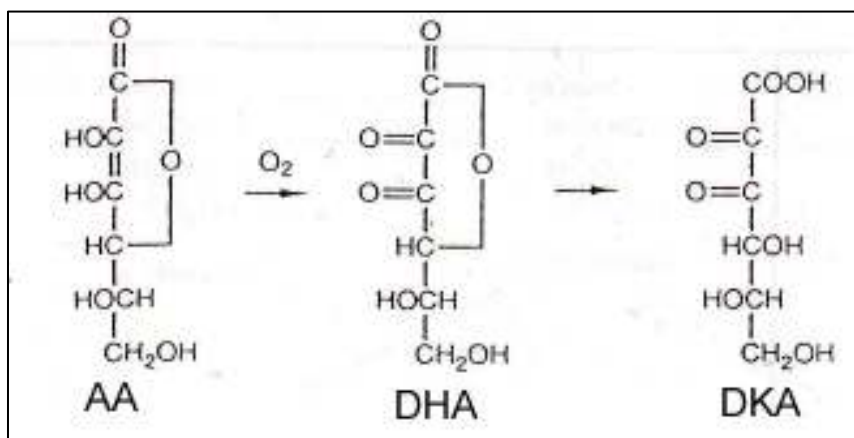


Fig. 5. Degradación oxidativa del Ácido ascórbico (AA) a dehidroascórbico (DHA) y 2,3-dicetogulónico (DKA). Fuente: Wong, 1995.

Durante la degradación oxidativa el ácido ascórbico se oxida a dehidroascórbico, y mediante la escisión del anillo lactona da el ácido 2,3 dicetogulónico (ver figura 5.), que ya no tiene actividad biológica. A partir de éste producto se dan otras reacciones que dan como resultado diferentes compuestos, entre ellos, el HMF (Castillo et al. 2000)

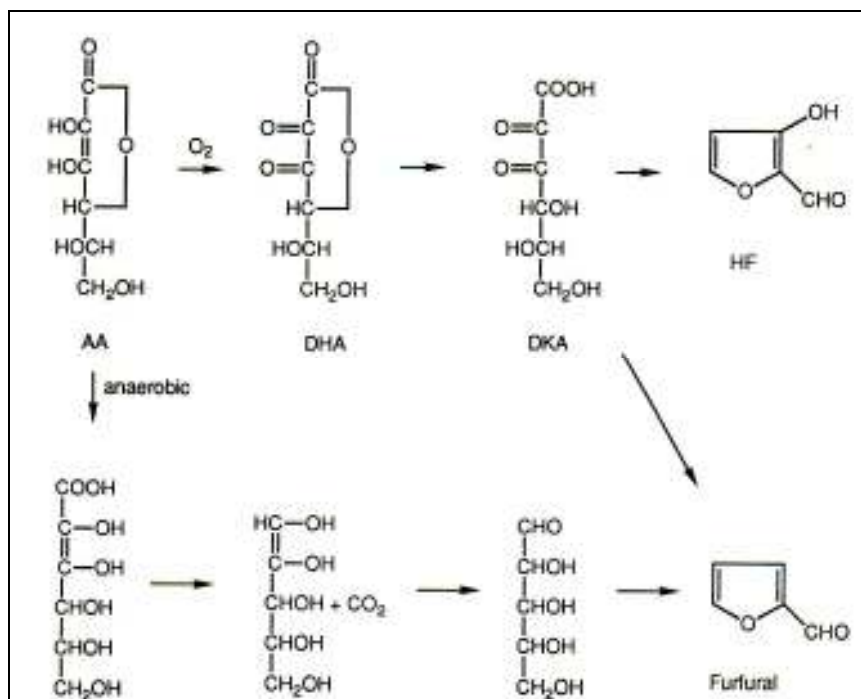


Fig. 11. Degradación oxidativa y no oxidativa del ácido ascórbico dando lugar a furfural y hidroxyfurfural (HF) *Fuente: Eskin, 1990*

El análisis de la vitamina C es de los más utilizados como indicador de la calidad nutricional, ya que ésta es altamente vulnerable a la oxidación química, enzimática y muy soluble en agua, por lo que es un indicador sensible y apropiado para evaluar los cambios en la calidad durante el transporte, procesado y almacenaje de hortalizas y frutas (Favell, 1998, Krebbers et al., 2002, Nursal y Yücecan, 2000, Giannakourou y Taoukis, 2003, Martins y Silva, 2004).

Así el objetivo del análisis del contenido en vitamina C en las judías frescas y procesadas es obtener una pauta de pérdida de nutrientes durante el procesado de las mismas a diferentes temperaturas, a causa de la oxidación y de la solubilización. También se puede correlacionar su pérdida con su implicación a altas temperaturas en las reacciones de pardeamiento no enzimático, pudiendo dar lugar a 5-Hidroximetilfurfural.

1.7. El 5- Hidroximetilfurfural (5-HMF)

Cuando las condiciones del medio son favorables a este tipo de reacciones, el pardeamiento no enzimático de Maillard también puede contribuir a los cambios de coloración originados en algunos productos vegetales durante el tratamiento térmico y el almacenamiento posterior (García et al. 2000).

Bajo la denominación de pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard se incluyen una serie de reacciones muy complejas por medio de las cuales y en determinadas condiciones, los azúcares reductores pueden reaccionar con las proteínas y producir una serie de pigmentos de color pardo-oscuro y unas modificaciones en el sabor y el olor de los alimentos, que en algunos casos son indeseables. Se presenta durante procesos tecnológicos o el almacenamiento de diversos alimentos, y se acelera por el calor, por lo tanto se acusa durante la pasteurización y la esterilización.

Es debido a una reacción que tiene lugar entre un grupo aldehído o cetona procedente de los azúcares reductores y grupos amino de aminoácidos o proteínas, y va acompañado de una reducción de la solubilidad de las proteínas, una disminución del valor nutritivo y la producción de sabores extraños.

La reacción de Maillard, se puede resumir en tres pasos (figura 13):

- Fase inicial (sin producción de color):

1. Condensación azúcar- amino, para formar una Glucosalina N-sustituida
2. Arreglo de Amadori: se transforma la glucosalina en aldósamina o cetosamina

- Fase intermedia (formación de olores desagradables): es dónde se da lugar a la formación de HMF

- Fase final (formación de pigmentos): se forman ya las melanoidinas que dan color oscuro al alimento (*browning*) (Casp y Abril, 1999)

La vía de Maillard en que se forma HMF, depende del pH del medio, y solamente se produce en medios ácidos. Es en estos medios en los que la formación de melanoidinas es menor (Figura 12) (Eskin, 1990).

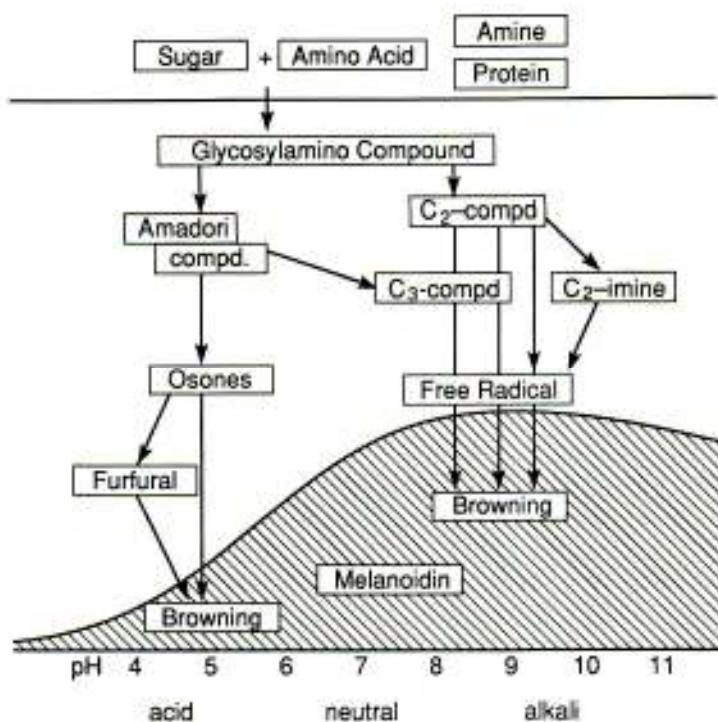


Fig. 12. Diferentes vías de formación de melanoidinas en función del pH. Fuente: Eskin, 1990.

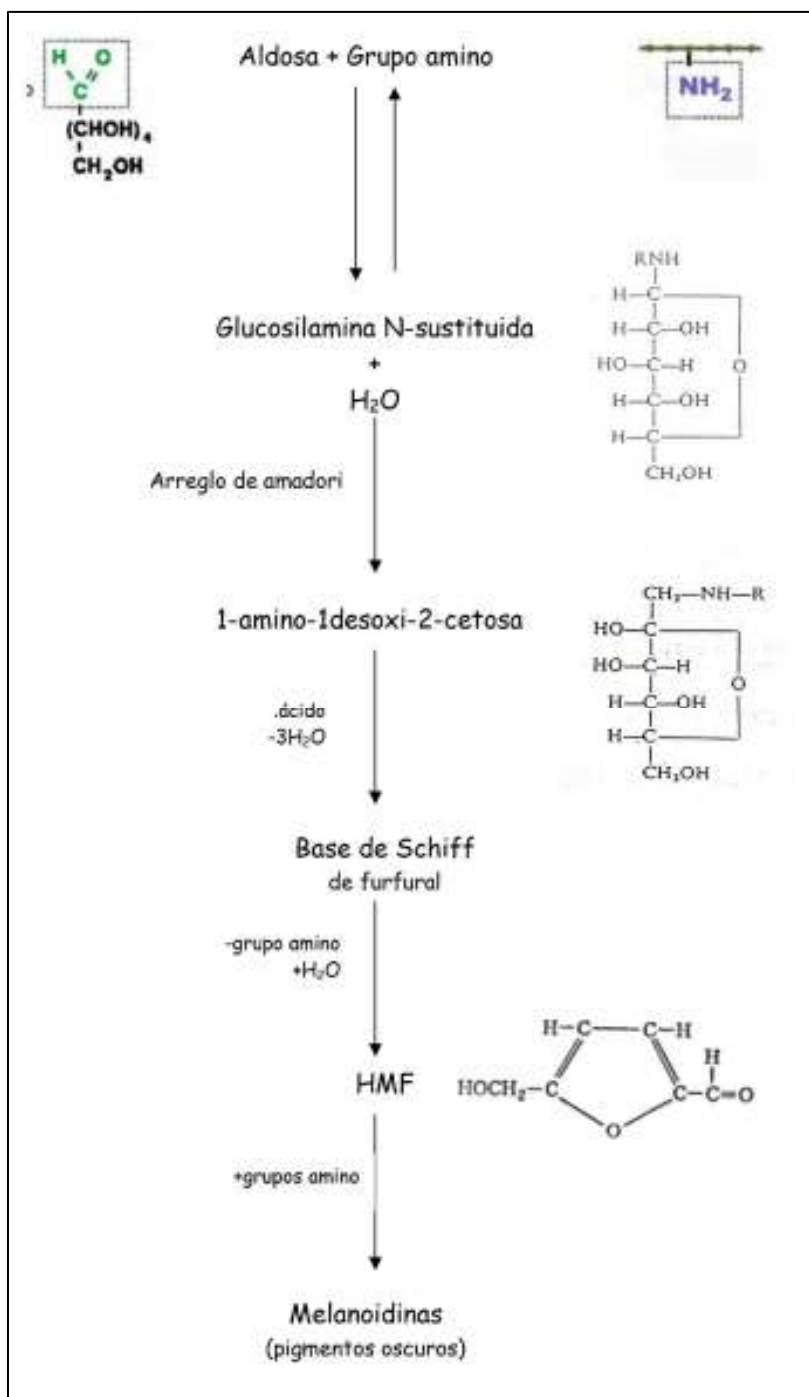


Fig. 13. Involucración del 5-HMF en las reacciones de pardeamiento de Maillard. *Fuente: Casp y Abril, 1999)*

Por éste motivo se considera el HMF un buen indicador de la reacción de Maillard en alimentos con alto contenido en glúcidos y péptidos, de pH entre 4 y 7 y sometidos a temperaturas por encima de los 50°C (Ramírez-Jiménez, A. et al. 2000, Castillo, M.D. et al. 2000, Hidalgo y Pompei, 2000)

2. Objetivos

El objetivo del presente estudio es evaluar los efectos en el valor nutricional y sensorial de judías verdes envasadas al vacío y esterilizadas a diferentes temperaturas: 100, 105, 110, 115 y 121 °C, para obtener el tratamiento térmico que mejor conserva las cualidades de este vegetal, tanto después del tratamiento, como a lo largo del tiempo de conservación debidamente refrigerado, para la elaboración de un alimento de V gama esterilizado.

Para medir la calidad nutricional y sensorial de cada uno de los tratamientos se analizaron diferentes parámetros: la textura, la concentración de Ácido Ascórbico (Vitamina C), la pérdida de peso y la concentración en 5-Hidroximetilfurfural (5-HMF). Dichos análisis se efectuaron antes del tratamiento térmico en las judías crudas, un día después del tratamiento térmico y finalmente 7 días después del tratamiento térmico a fin de asegurar tanto la conservación de las cualidades nutricionales después del tratamiento como su perdurabilidad en el tiempo de conservación.

Finalmente se analizaron también muestras de judías verdes comerciales tratadas térmicamente a fin de comparar los datos obtenidos en nuestro procesado con los estándares que se venden en el mercado.

3. Material y Métodos

3.1. Materiales

3.1.1. Las judías verdes

Las judías verdes (*Phaseolus vulgaris* var. *perona*) se compraban el mismo día de su procesado en una tienda de verduras local de Castelldefels. Éstas procedían de Gavà, exceptuando las de la última cocción a 121°C (lote 070108(121)b) y presentaban superficie lisa, color verde claro, eran tiernas y de un tamaño aproximado de 13 a 18 cm de largo, unos 1-1,5cm de ancho y unos 5mm de grueso (figura 14).



Fig.14. Judías verdes de Gavà

Para el lote 070108(121)b se utilizaron también judías de la misma tienda de verduras, pero éstas procedían de Granada, y eran un poco más leñosas y de tamaño mayor. Probablemente el tiempo de almacenamiento de las mismas había sido superior a las anteriores.

3.1.2. Las judías en conserva comerciales

Para comparar los valores obtenidos en los distintos análisis de nuestras judías con los estándares comerciales, se adquirieron cuatro tipos de judías procesadas que se encuentran en el mercado:

- Judías en conserva cortadas en trozos medianos de *Conservas Martínez* (CM). Se trata de judías en conserva envasadas en lata. Los ingredientes indicados en la etiqueta eran: judías verdes, agua y sal (Figura 15).
- Judías verdes extra en conserva cortadas en trozos medianos de *Gvtarra* (GV). Estaban envasadas en un recipiente de vidrio, y los ingredientes indicados en la etiqueta eran los siguientes: judías verdes, agua, sal y antioxidante: ácido ascórbico (Figura 17).
- Plato precocinado de judías verdes con jamón de *Gvtarra* (GJ). Envasadas en una barqueta de plástico, contenían judía verde, agua, patata, aceite vegetal, cebolla,

jamón, ajo, sal y acidulante: ácido cítrico. Plato esterilizado (Figura 16). To tenía necesidad de refrigeración.

- Plato precocinado refrigerado de judías verdes *Carrefour* (CA). Envasadas en una barqueta de plástico, contenían judías verdes cocidas (judías verdes, agua, sal), patata prefrita, aceite de oliva y ajo. Plato pasteurizado (Figura 18). Necesitaba refrigeración.



Fig.15. Judías verdes de Conservas Martínez (CM)



Fig. 16. Plato precocinado pasteurizado de Judías verdes Carrefour (CA)



Fig. 17. Judías verdes en conserva Gvtarra (GV)



Fig. 18. Plato precocinado esterilizado de judías verdes con jamón Gvtarra (GJ)

3.2. Equipos e instrumentos

3.2.1. Autoclave de la Planta Piloto de Industrias de la ESAB

El modelo de autoclave utilizado fue un JQ mini STER de ILPRA PE 50. Las características de éste autoclave son las siguientes:

- Tª de diseño: 150°C
- P diseño: 3 bar
- P prueba: 5 bar
- V: 270 L
- Peso: 320 Kg

Admite una carga aproximada de 50 Kg, y está montado sobre una estructura inoxidable de 800 x 380 x 480 mm. Es de carga frontal, con un diámetro de 650mm de acero inoxidable, con un cierre de tipo bayoneta. El calentamiento se realiza mediante resistencias eléctricas blindadas, y el enfriamiento gracias a la actuación del intercambiador de calor, utilizando el agua de red. La regulación de la presión se efectúa mediante aire comprimido.



Fig. 19. Fotografía frontal del autoclave

Consta de 3 bandejas de carga, en forma de rejilla, que permiten la libre circulación del agua. Trabaja con dos modos de circulación del agua caliente (ver figura 19):

- Modo ducha de agua: el agua sale directamente por encima de las bandejas mojando directamente el producto y en entrando en contacto directo con él.
- Modo ventilación: El agua circula lateralmente sin contactar directamente con el producto. El agua vaporizada es la que transmite el calor.



Fig. 20. Fotografía interior frontal del autoclave



Fig.21. Vista lateral interna del autoclave

3.2.2. Envasadora de vacío de la Planta Piloto de Industrial de la ESAB

El modelo de envasadora utilizado fue el VM-18 de la empresa Orved. (fig. 22)

Las medidas del aparato son (figura22):

- A: 545 mm
- B: 580 mm
- H: 510 mm
- H1: 850 mm
- peso: 80 kg



Fig.22. Envasadora de vacío.

Tiene una capacidad nominal de la bomba de 25 mca/h, y una potencia de 750 W (50 Hz), con un nivel de vacío final 0,5mbar (programación de vacío al 98%).

3.2.3. Texturómetro

El texturómetro utilizado fue el TA.XTplus Texture Analyser de la marca Stable Micro Systems (figura 23). Se trata de un aparato que mide la textura de forma automática, programable para mover el brazo a diferentes velocidades y distancias, y equipado con un gran número de sondas que permiten medir distintas propiedades texturales de todo tipo de alimento.

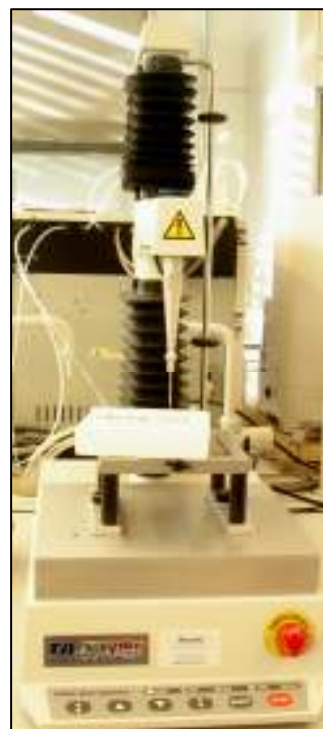


Fig. 23. Texturómetro TA.XTplus

3.2.4. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) de la Unidad de Análisis de la ESAB

El modelo de HPLC utilizado fue un Beckman System Gold modular. Consta de diferentes módulos independientes (figura 24):

- Dos módulos de dispensación de disolventes Beckman modelo 110B (Solvent Delivery Module), cada uno de ellos dotado de una bomba de pistón, preparadas para dispensar volúmenes muy pequeños de disolvente, altamente exactos y reproducibles. Aguantan altas presiones de trabajo (200 a 300 atm). El módulo A (inferior) dispensa disolventes acuosos, y el B disolventes orgánicos.
- Un módulo de detección de índice de refracción Beckman modelo 156 (Refractive Index Detector)
- Un interfaz Beckman (System Gold Analog Interface Module)
- Un detector de UV Beckman modelo 166 (Permeable Detector Module)
- Un horno para termostatar la columna Jones Chromatography
- Un inyector automático Hewlett Packard Series 1100
- Un detector de fluorescencia HP 1046A (Programmable Fluorescent Detector)
- Un inyector manual 210A, de Beckman (Simple Injection Valve)

Las bombas absorben los disolventes y los inyectan en un agitador imán, donde son mezclados y luego pasan al inyector automático, que tiene una válvula de 6 vías. La muestra inyectada (20 µL normalmente), pasa a la columna donde se produce la separación cromatográfica, si es necesario, a temperatura controlada. Posteriormente, la muestra pasa al detector previamente conectado.

El software que utiliza es el Chem Station de HP.

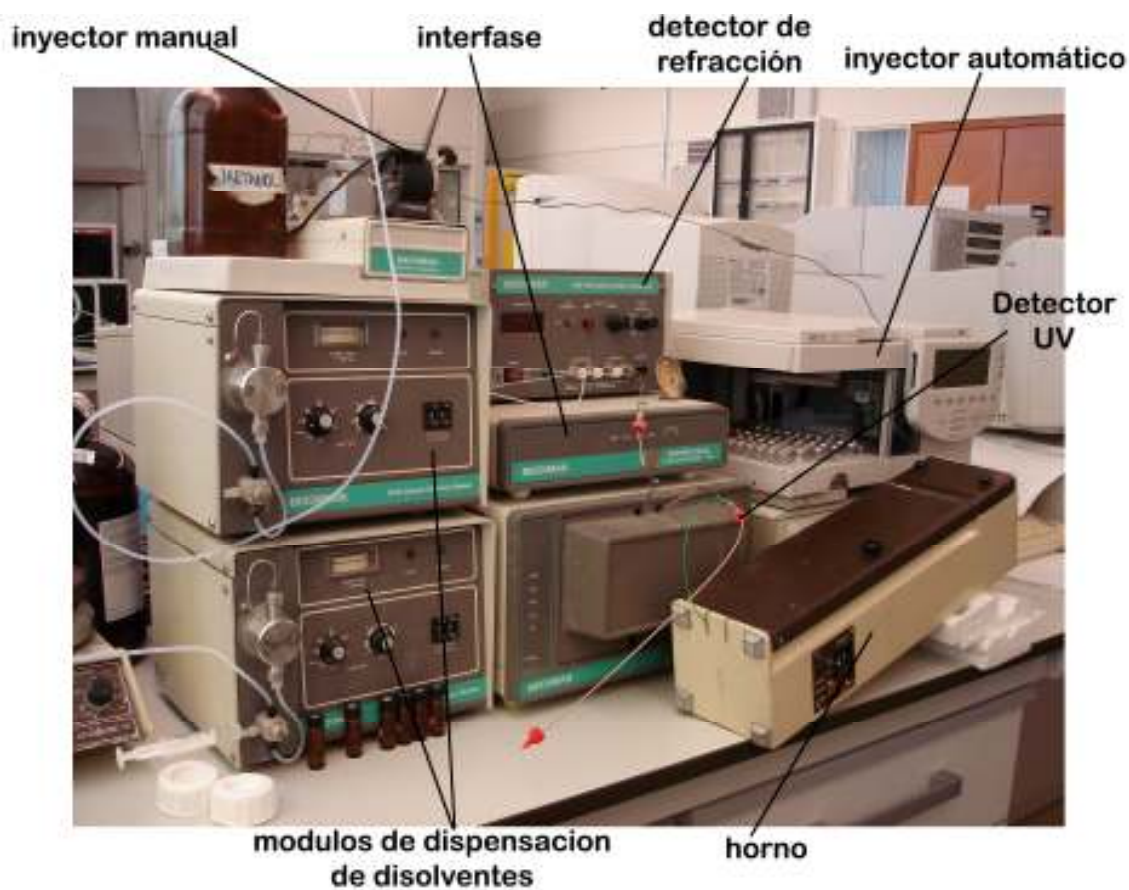


Fig.24. HPLC Beckman



Fig.25. Columna HPLC dentro del horno de cromatografía Jones.

3. 3. Métodos

3.3.1. Procesado de las judías

El mismo día de la adquisición de las judías, se cortaban los rabitos con unas tijeras y se pesaban aproximadamente unos 150g de judías en el granetario COBOS, modelo C-400-CS. Se repartían en bolsas para cocción OPA/PP 15/65 - 80µm de la siguiente forma, (i) MCR1 y 2: muestras crudas guardadas 1 día, (ii)MC1, 2 y 3: muestras autoclavadas guardadas 1 día, (iii) MCR3 y 4: muestras crudas guardadas 7 días, (iv) MC4, 5 y 6: muestras autoclavadas guardadas 7 días. Se preparaba una bolsa testimonio para la medida, mediante la sonda de control del autoclave, de la temperatura que se alcanza en el centro del alimento, llamada temperatura corazón.

Una vez pesadas las muestras, se procedía a envasarlas al vacío (durante 4 segundos a 98% (19,99mbar)). Una vez todas las bolsas habían sido envasadas, se disponían en las bandejas del Autoclave, y se pinchaba la sonda de Temperatura Corazón en la bolsa preparada para ese uso. Una vez cerrado debidamente se programaba el Autoclave, según cada tiempo y temperatura (ver tabla 4), en modo ventilación.

PROGRAMA 100 Lot: 070102(100)				
PASO	T (°C)	P (mb)	t (min)	MODO
1	100	2300	12	VENTIL
2	100	2300	15	VENTIL
3	50	2300	6	VENTIL
4	48	0	5	VENTIL
5	45	0	2	FIN
PROGRAMA 105 Lot: 061212(105)				
PASO	T (°C)	P (mb)	t (min)	MODO
1	95	100	11	VENT
2	105	1600	1	VENT
3	105	2300	3	VENT
4	100	2000	2	VENT
5	50	600	5	VENT
6	48	0	3	VENT
7	48	0	1	FIN
PROGRAMA 110 Lot: 061128(110)				
PASO	T (°C)	P (mb)	t (min)	MODO
1	100	1000	12	VENTIL
2	110	1600	1	VENTIL
3	110	2300	1	VENTIL
4	100	2000	3	VENTIL
5	50	600	5	VENTIL
6	48	0	3	VENTIL
7	48	0	1	FIN

PROGRAMA 115 Lot: 061121(115)				
PASO	T (°C)	P (mb)	t (min)	MODO
1	100	1000	12	VENTIL
2	115	1600	1	VENTIL
3	115	2300	1	VENTIL
4	100	2000	3	VENTIL
5	50	600	5	VENTIL
6	48	0	3	VENTIL
7	48	0	1	FIN
PROGRAMA 121b Lot: 061024(121)a				
PASO	T (°C)	P (mb)	t (min)	MODO
1	121	2600	25	VENTIL
2	121	2600	3	VENTIL
3	60	1000	15	VENTIL
4	45	0	5	VENTIL
5	45	0	1	FIN
PROGRAMA 121a Lot: 070108(121)b				
PASO	T (°C)	P (mb)	t (min)	MODO
1	121	2800	15	VENTIL
2	121	2800	5	VENTIL
3	50	2800	6	VENTIL
4	48	0	5	VENTIL
5	45	0	2	FIN

Tabla 4. Tablas de programación del autoclave para las distintas temperaturas y lotes

Posteriormente, se dejaban enfriar las bolsas y se guardaban en una nevera industrial marca INFRACA a $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24h o 7 días.

3.3.2. Estimación de la pérdida de peso

Pasado el período correspondiente, se abrían las bolsas y se sacaba el contenido de las mismas, escurriendo ligeramente el producto del propio líquido que había soltado y se procedía a pesar las judías cocidas en el mismo granetario (COBOS modelo C-400-CS (max 610g, d=0,01g)). Se anotaba el nuevo peso y se hacía el cálculo de pérdida de peso por diferencia expresada en porcentaje.

3.3.3. Análisis de la textura

Se analizaron las muestras con el texturómetro Texture Analyser TA.XT.plus (Stable Micro Systems), mediante dos tipos de sonda, la sonda P/2N (figura 26), que realiza un ensayo de punción y con la Warner – Bratzler (figura 27), que realiza un ensayo de corte o de cizalla .

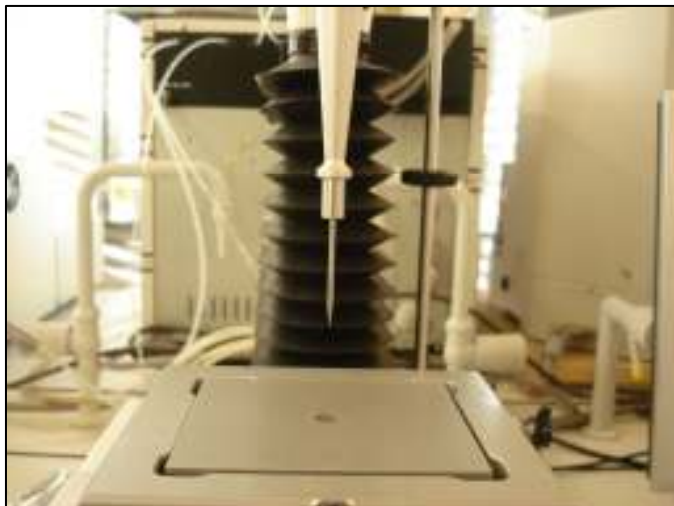


Fig. 26. Sonda P2/N, para ensayos de penetración del producto

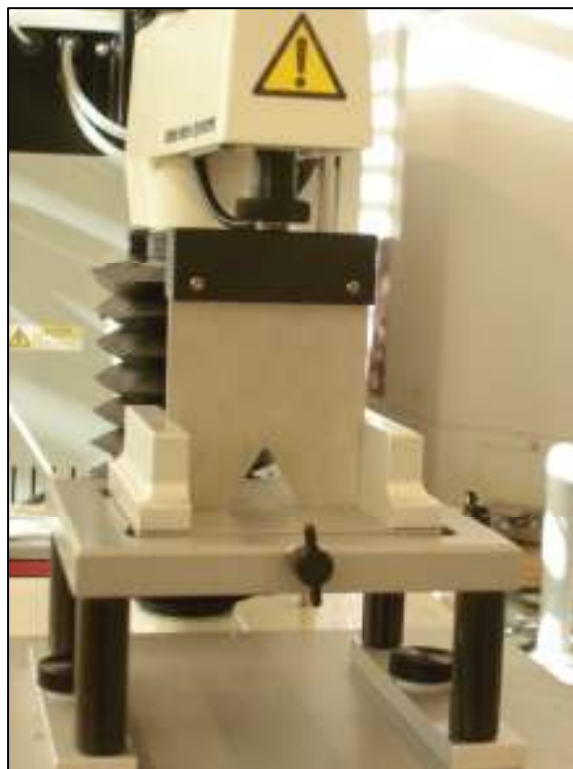


Fig. 27. Sonda WB, para ensayos de corte o de cizalla del producto.

Para el ensayo con la sonda P2/N, se programó el texturómetro para que la sonda bajara a una velocidad de 5mm/s, y penetrara 3 mm la muestra. De cada bolsa de muestra se seleccionaron 5 judías, y para las judías crudas se hicieron 6 medidas para cada una, 3 de las cuales se midieron en la parte de la semilla, y las otras 3 en la parte que no tiene semilla. Para las muestras cocidas, a cada judía se le hicieron 4 medidas en diferentes segmentos de la misma. De cada uno de los ensayos se obtuvo los respectivos gráficos y fuerza máxima ejercida.

Para el ensayo con la sonda WB, se escogieron 3 judías de cada bolsa, tanto crudas como cocidas, y se hicieron 2 cortes con WB a cada una de ellas, haciendo un recorrido total de la sonda de 20 cm y a una velocidad de 1mm/s . Se obtuvieron los respectivos perfiles y los valores de fuerza máxima ejercida expresados en gramos.

3.3.4. Análisis de Ácido Ascórbico

3.3.4.1. Fundamento

El ácido ascórbico fue cuantificado por el método Tillmans. Keller 1988. AOAC 967.21 (2000), que se trata de un método de valoración oxido-reducción en el que se usa el 2,6-diclorofenolindofenol (abreviado como DCPI), que es de color azul en condiciones alcalinas, rojo en condiciones ácidas e incoloro cuando es reducido por el ácido ascórbico, siguiendo la siguiente reacción química:



3.3.4.2. Procedimiento

Se pesaron y cortaron 20g de muestra de cada una de las bolsas a analizar, y se trituraron en una batidora (Moulinex TURBO Blender), con aproximadamente 70mL de ácido oxálico al 1%. Se pasó el contenido del homogeneizado a tubos de centrifuga, y se centrifugaron (centrífuga Selecta Medifiger) a 4000 rpm durante 10 min a 18°C. Posteriormente se filtró el líquido en aforados de 100mL y se procedió a enrasarlos con la solución de ácido oxálico al 1%.

Se preparó el patrón, pesando $50 \pm 0,1$ mg de ácido ascórbico (balanza analítica SCALTEC) y disolviéndolo en 50 mL de ácido oxálico al 1%, obteniendo así una concentración de 1 mg/mL, del que se pipetearon 5 mL y se disolvieron en 50mL también de ácido oxálico, obteniendo un patrón de 0,1mg/mL. Se pipetearon 2mL de la solución patrón en un erlenmeyer y se añadieron 5ml del ácido oxálico, valorándolo con el DCPI en la bureta, por duplicado. El punto final de la valoración se da cuando la primera gota en exceso de DCPI da lugar a una coloración rosada de la solución.

Posteriormente se cogieron 10mL de cada muestra de extracción de judía en un erlenmeyer y se valoraron, también, con el DCPI. Esta operación se hizo por duplicado.

3.3.5. Análisis de 5 – Hidroximetilfurfural (5 HMF)

Se guardó muestra de cada experimento en un congelador de -20°C para el posterior análisis de la formación de 5 - Hidroximetilfurfural (5 HMF).

Se utilizaron dos métodos de extracción de HMF:

(i) Extracción con agua de HMF (Hidalgo y Pompei, 2000).

Se cogieron las muestras congeladas de cada una de las bolsas a analizar y se picaron con una picadora Moulinex, hasta obtener un grano fino. Luego se pesaron 20 g de cada una de las muestras, tanto crudas como cocidas, en unos tubos de centrifuga de 80mL junto con 20 mL de agua ultrapura (Milli-Q). Se agitaron los tubos durante 2 minutos con un agitador de tubos, y se centrifugaron a 12000 rpm durante 11 minutos a 6°C con una centrífuga de alta velocidad (Selecta Medifiger BL). Posteriormente se filtró el líquido obtenido con embudos con papel de filtro, a fin de obtener un extracto más clarificado. Se filtró respectivamente cada muestra a través de una membrana de 0.45µm de poro.

(ii) Extracción con disolvente orgánico: Metanol (Soler, J. 2007, Turkmen et al, 2006)

Se cogieron las muestras congeladas de cada una de las bolsas a analizar y se picaron con una picadora Moulinex, hasta obtener un grano fino.

Se pesaron 5 g del puré en tubos de centrifuga de 80mL, y se añadieron 50 mL de solvente (75/25 metanol/agua v/v). Se agitaron durante 30 min en un agitador orbital. Posteriormente se pusieron los tubos durante 20 minutos en el Ultrasonidos Selecta y luego se centrifugaron a 3000 rpm a 6°C durante 11 minutos en la centrífuga de alta velocidad Selecta Medifiger BL. Se filtró el líquido obtenido en embudos con papel de filtro.

Para analizar las muestras obtenidas con los dos métodos de extracción se prepararon los patrones de HMF a partir de una solución patrón de 500ppm, de 10, 5, 2.5, 1 y 0.5ppm.

Se hicieron adiciones de HMF en cada una de las muestras de la siguiente forma: se pipetearon 2mL de cada muestra y se mezclaron respectivamente con 2 mL de patrón de 5ppm. Se agitó y se filtró en membrana, quedando una concentración resultante de 2,5ppm.

Los patrones y las muestras se analizaron por HPLC bajo las siguientes condiciones: Columna C-18 Spherisorb ODS2, (25 cm por 0,46 cm y 5 μ m de partícula) a temperatura ambiente, detección UV a 283nm, fase móvil solución al 12,5% de metanol/agua, flujo de 1ml/min, duración total de 10min, inyección de 10 μ l de muestra (Theobald et al., 1998) .

4. Resultados y discusión

4.1. Temperaturas de cocción en autoclave

Los programas del autoclave fueron controlados mediante la medida cada 30 segundos de las temperaturas dentro del autoclave y en el corazón del producto (temperatura tomada por la sonda). Los datos obtenidos están representados en la tabla 4.

Temperatura de cocción	Tiempo total cocción	Tiempo aproximado de mantenimiento a la temperatura indicada
121a	48' 30"	5' 00"
121b	50' 00"	3' 30"
115	28' 30"	3' 00"
110	27' 50"	4' 00"
105	23' 50"	4' 00"
100	42' 00"	16' 00"

Tabla 4. Tiempos reales aproximados de cocción de los distintos lotes en el autoclave

El gráfico de temperaturas corazón se puede observar en la figura 28.

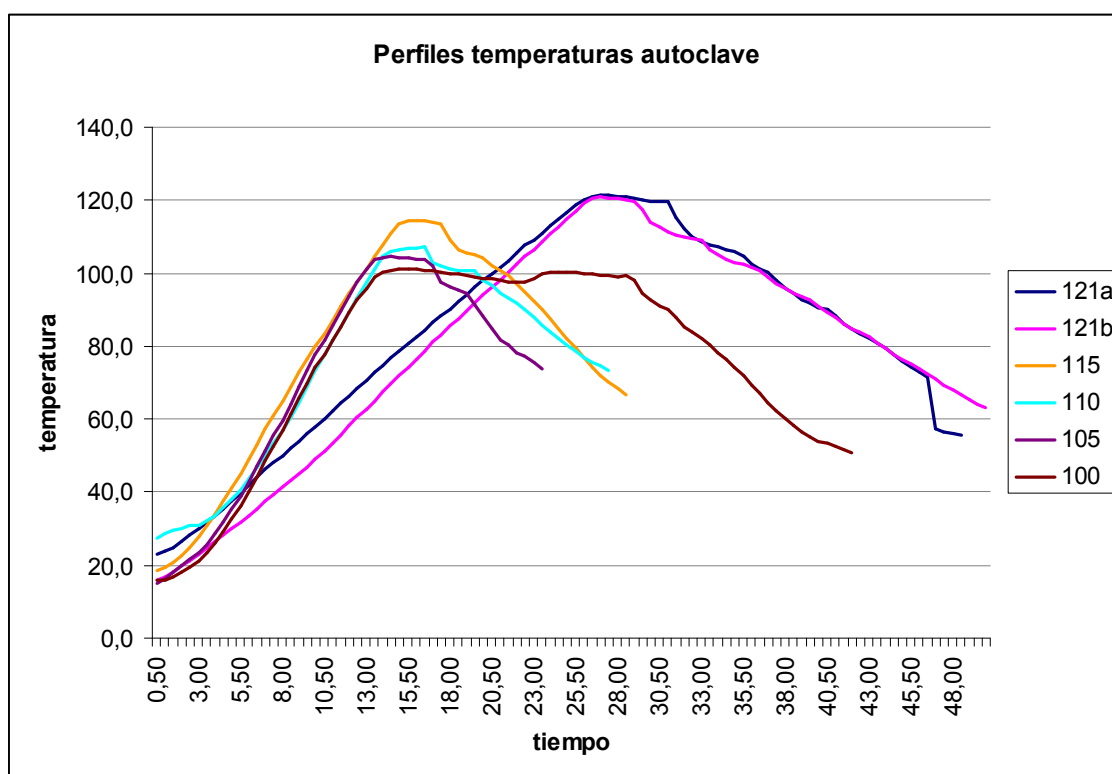


Fig. 28. Perfiles de temperaturas corazón alcanzadas en los distintos tratamientos de esterilización en judías verdes.

Podemos observar que para las distintas temperaturas los tiempos totales de cocción fueron distintos, así como la duración a la que la temperatura corazón de las judías era temperatura indicada para cada tratamiento.

Se pueden determinar dos rangos de temperaturas diferenciados:

- Tiempos superiores a 110°C, en que la cocción adecuada del producto se alcanzaba con tratamientos de mantenimiento cortos (de 3 a 5 min a la temperatura indicada) y la duración total del tratamiento dependía básicamente del tiempo necesario para alcanzar la temperatura indicada. Por esa razón, se puede observar en la tabla que el tiempo total de tratamiento hasta la temperatura 110°C va disminuyendo.
- Tiempos desde 105°C para abajo, en que para alcanzar la cocción adecuada, tal y como veremos más adelante con los datos de textura, fue necesario un tratamiento de mantenimiento más largo (de 16 min a 100°C). Por este motivo, el tratamiento a 105°C no fue el adecuado, y las judías quedaron más crudas de lo habitual en los demás experimentos.

Las diferentes duraciones del tiempo total de cocción dependen de:

- El tiempo de mantenimiento a la temperatura indicada (a más tiempo más dura el tratamiento completo).
- La temperatura indicada (cuanto más alta, más tiempo se tarda en alcanzarla)

4.2. Textura

4.2.1. Estudio de la firmeza (sonda P2/N)

Los datos obtenidos del análisis de la firmeza de las muestras a las diferentes temperaturas de cocción se muestran en la tabla 5.

P2/N	121a	121b	115
Tiempo = 1 día			
cruda grano	148,74 ± 19,20	136,79 ± 24,16	117,11 ± 22,35
cruda no grano	148,67 ± 19,85	134,97 ± 25,07	109,10 ± 19,38
cocida	18,80 ± 4,95	13,34 ± 2,96	16,67 ± 3,20
Tiempo = 7 días			
cruda grano	100,66 ± 14,21	114,02 ± 15,96	121,71 ± 19,69
cruda no grano	104,41 ± 16,13	105,13 ± 14,82	118,57 ± 29,08
cocida	19,13 ± 3,98	14,12 ± 2,65	16,60 ± 4,12
	110	105	100
Tiempo = 1 día			
cruda grano	114,40 ± 21,80	122,80 ± 22,79	145,44 ± 24,92
cruda no grano	110,84 ± 18,62	113,70 ± 26,81	148,27 ± 25,29
cocida	24,48 ± 3,96	31,49 ± 5,28	22,48 ± 3,91
Tiempo = 7 días			
cruda grano	123,06 ± 21,50	109,77 ± 19,39	132,63 ± 18,60
cruda no grano	120,83 ± 21,04	106,62 ± 22,81	127,26 ± 28,51
cocida	25,67 ± 4,75	34,19 ± 5,54	23,99 ± 6,92

Tabla 5. Efecto de la cocción sobre la firmeza en la judía verde. Datos expresados en gramos d fuerza máxima como media ± SD sobre un total de 30 medidas en crudas y 60 medidas en cocidas.

En la figura 29 podemos ver el perfil típico de la punción con la sonda P2/N tanto en judías crudas como en cocidas. Se observan tres partes diferenciadas; (a) *punto de cedida*, es decir, el punto en que la sonda atraviesa la piel de la judía cruda (este punto está ausente en la judía cocida porque la piel ya no ofrece resistencia); (b) punto de fuerza máxima, dónde la sonda ha recorrido la longitud indicada y empieza a retroceder (al ser menos firme, en la judía cocida, éste punto se encuentra muy por debajo de la cruda); y (c) zona de adhesividad de la muestra (en la muestra cruda hay cierta adhesividad mientras en la cocida no).

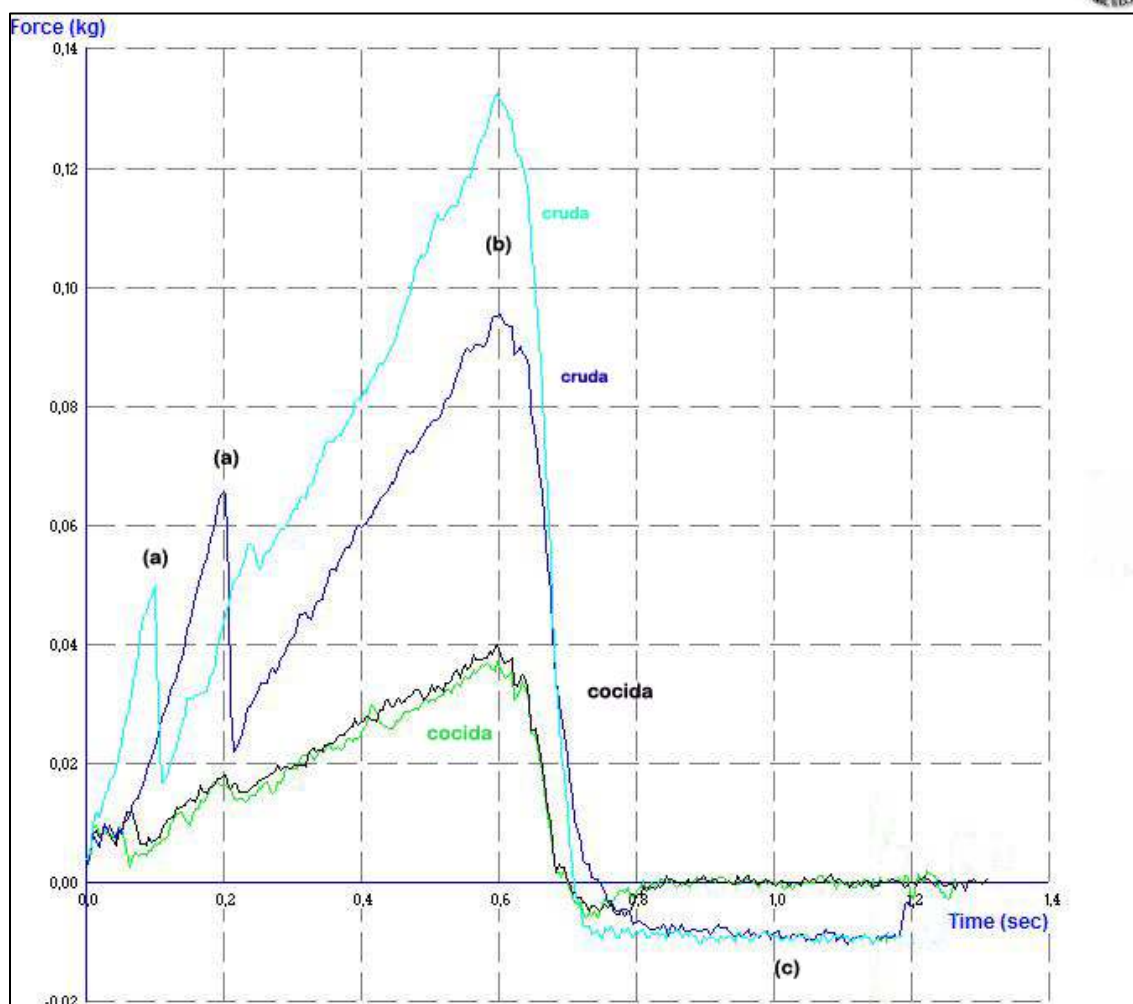


Fig. 29. Perfil típico de textura obtenido con sonda P2/N en judía cruda y cocida mostrando: (a) *punto de cedia*; (b) punto de fuerza máxima y (c) zona de adhesividad.

A continuación se pasa a analizar los valores separadamente.

4.2.1.1. La judía cruda

En las judías crudas se estudió la firmeza inicial diferenciando la zona de la judía que tenía grano de la que no. En el histograma de la figura 30 podemos observar la media de fuerza máxima de estas dos zonas es muy similar, de 127,6 para las zonas sin grano y 130,9 para aquellas que contenían el grano. Esto es así porque las judías eran de grano fino y poco leñosas.

Podemos comprobar que las muestras eran homogéneas ya que siguen una normal, todo y que las desviaciones estándar son elevadas porque habían judías más finas y otras más gruesas, que daban distintos perfiles de textura.

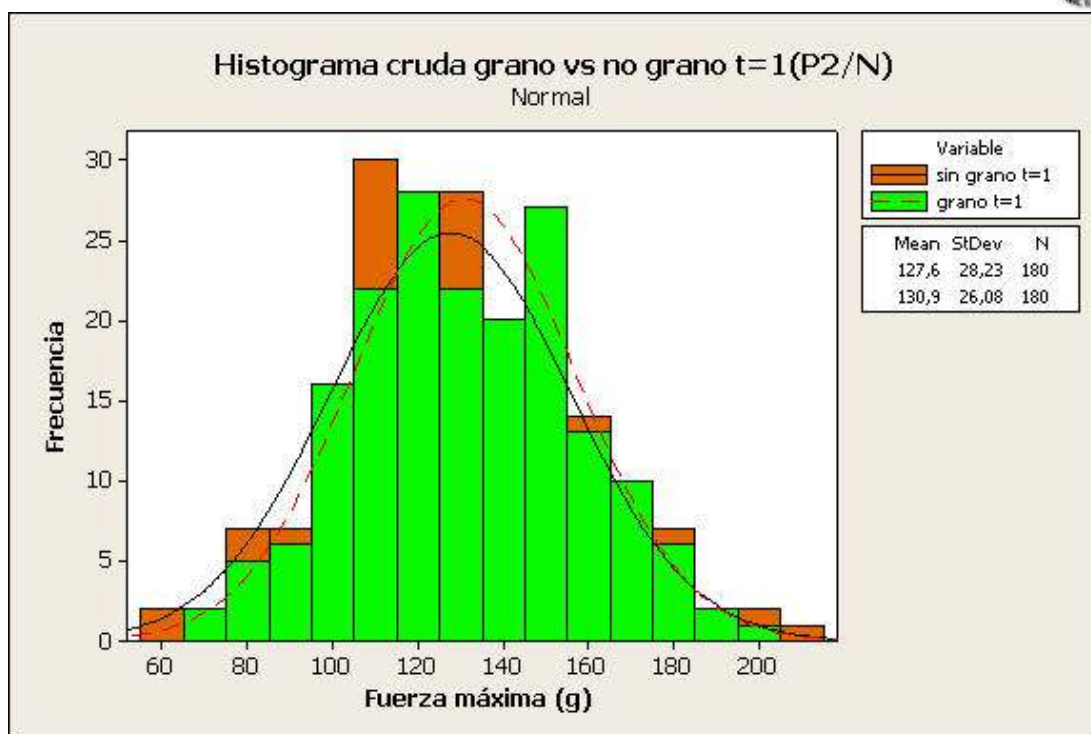


Fig. 30. Histogramas de la firmeza de las judías verdes crudas con grano y no grano comparados.

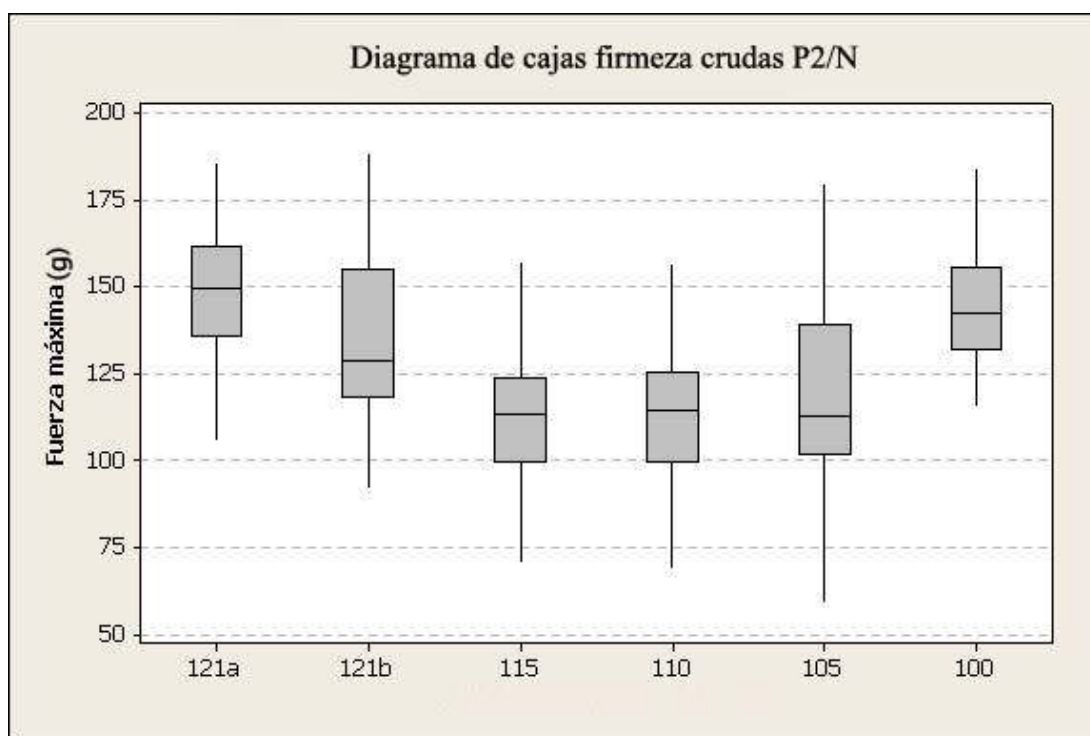


Fig. 31. Diagrama de cajas de la firmeza inicial de las judías crudas de los distintos lotes antes del tratamiento térmico.

En el diagrama de cajas de la figura 31, se puede observar que las judías crudas menos firmes fueron las sometidas a los tratamientos de 115 y 110°C, con unas medias de 113,1 g de fuerza máxima de punción para las del lote de 115°C y 112,62 g de

fuerza máxima para el lote de 110°C, mientras que en otros casos como por ejemplo en el tratamiento 121a, se alcanzan unas medias de 146 g. Esto puede ser debido a que las judías, compradas en una tienda de verduras de Castelldefels, podían haber sido almacenadas en distintas condiciones o tiempos antes de su adquisición.

4.2.1.2. Efecto de la cocción

Como ya hemos mencionado anteriormente, el tratamiento térmico reblandece la textura de los vegetales porque causa degradación y desnaturalización de sus componentes. Vemos en la figura 32, la comparación de la firmeza inicial de las judías verdes y después de la cocción a las distintas temperaturas.

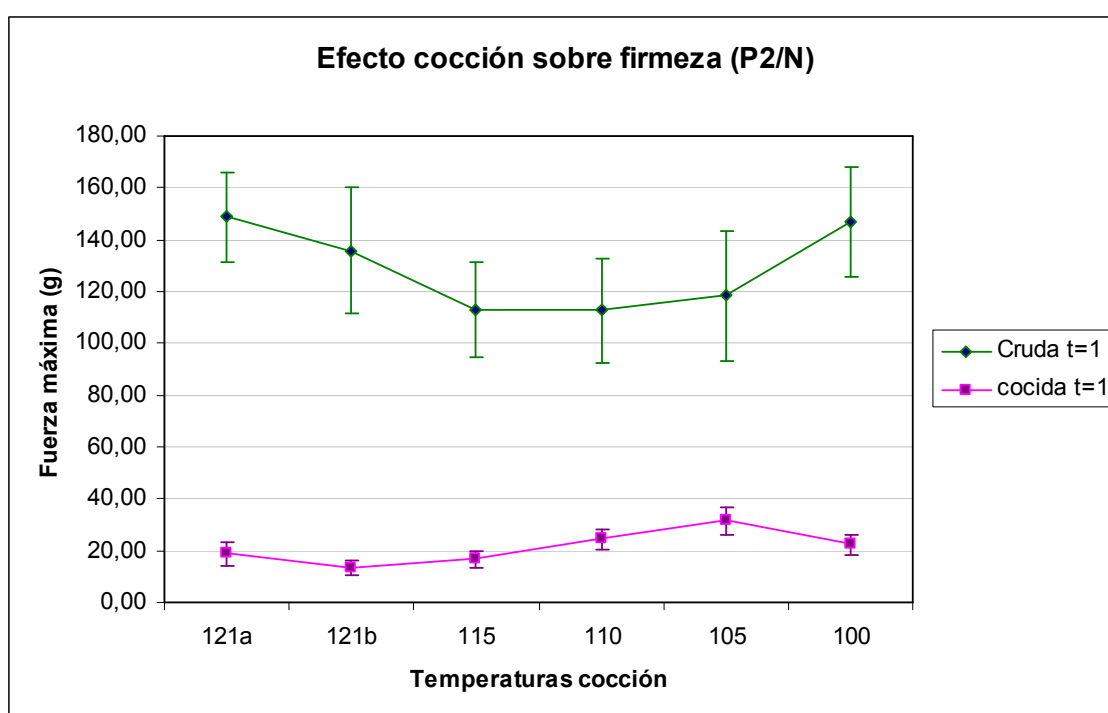


Fig. 32. Gráfica de la firmeza comparada de las judías frescas iniciales y después del tratamiento térmico.

Se calculó la pérdida de firmeza relativa para comparar el efecto de los distintos tratamiento térmicos sobre ésta, tal y como se muestra en la tabla 6. El tratamiento que supone una pérdida de firmeza relativa máxima es el de 121°C(b), como podemos observar en la gráfica de la figura 33, con una pérdida del 90,18% de la firmeza. A medida que va disminuyendo el tratamiento térmico, la pérdida de firmeza relativa va disminuyendo también, hasta que se llega a 100 grados en que la pérdida vuelve a aumentar debido a que el tratamiento térmico es más largo (42 minutos, y 16 minutos de mantenimiento a 100°C).

La firmeza del producto cocido del lote a 105°C no es aceptable, con una media de 31,49g de fuerza, ya que se comprobó tanto visualmente como sensorialmente, que el producto no había alcanzado el tratamiento térmico adecuado para llegar a la cocción. Por eso, como podemos comprobar en la gráfica de la figura 34, es el lote que presenta una firmeza final más elevada y una pérdida de firmeza relativa menor (del 73,4%).

TEXTURA P/2N

Perdida de Firmeza relativa (%)							
	121°C	121b°C	115°C	110°C	105°C	100°C	
CR0-C0	87,36	90,18	85,10	78,27	73,40	84,70	Efecto cocción
CR7-C7	81,39	87,12	86,20	78,95	68,40	81,60	Efecto cocción y refrigeración
CR0-CR7	31,05	19,36	-7,45	-8,30	8,60	11,52	Efecto refrigeración en material crudo
C0-C7	-1,77	-5,86	0,42	-4,80	-8,50	-6,75	Efecto refrigeración en material cocido

Tabla 6. Cálculo de la pérdida de firmeza relativa de los diferentes tratamientos

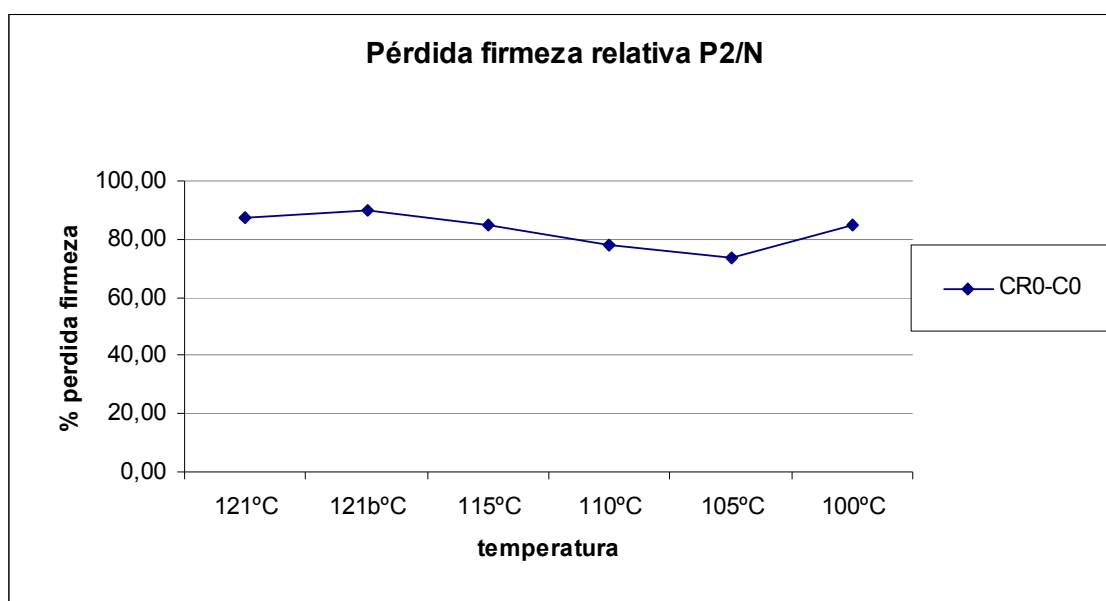


Fig. 33. Pérdida de firmeza relativa por efecto de la cocción

Así podemos concluir que una firmeza final aceptable con la sonda P2/N estaría entre 15 y 25 g de fuerza máxima, correspondiendo a una pérdida de firmeza de un 80 a un 90% durante la cocción de la misma. El lote de 105°C no se encuentra dentro de éstos parámetros por lo que el tratamiento térmico fue insuficiente.

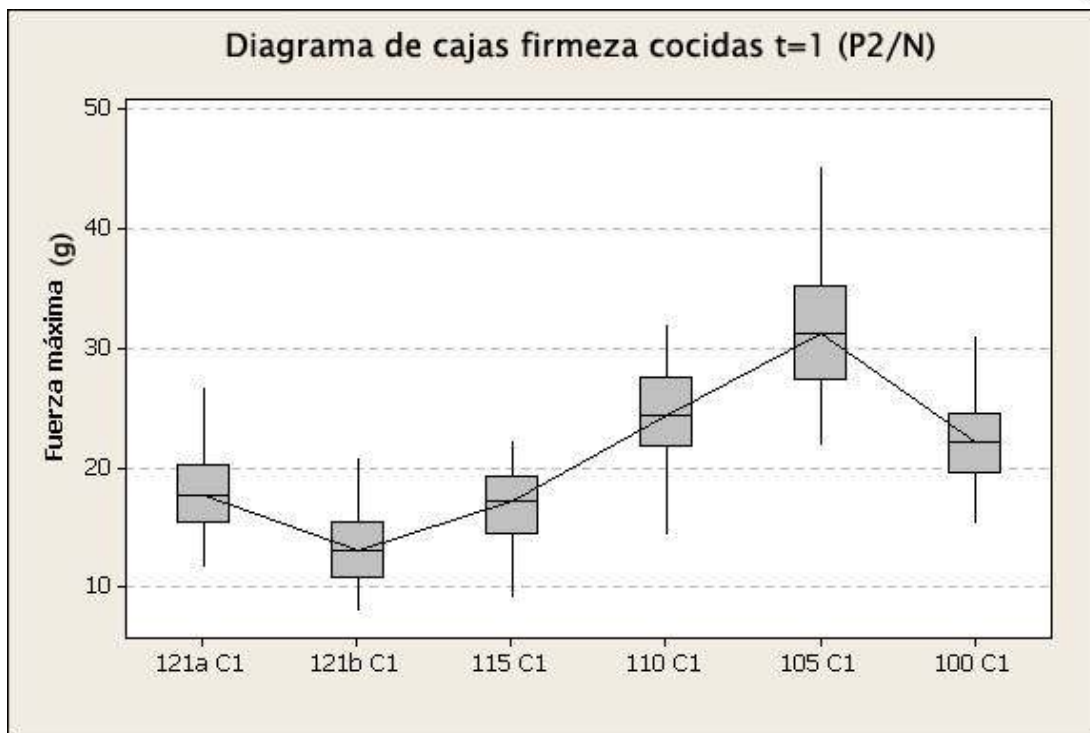


Fig. 34. Diagrama de cajas de la firmeza de las judías cocidas a diferentes temperaturas

4.2.1.3. Efecto de la conservación en frío

Durante la conservación en frío el producto también sufre distintos cambios estructurales que en algunos casos provocan que el vegetal pierda o incluso a veces que gane firmeza.

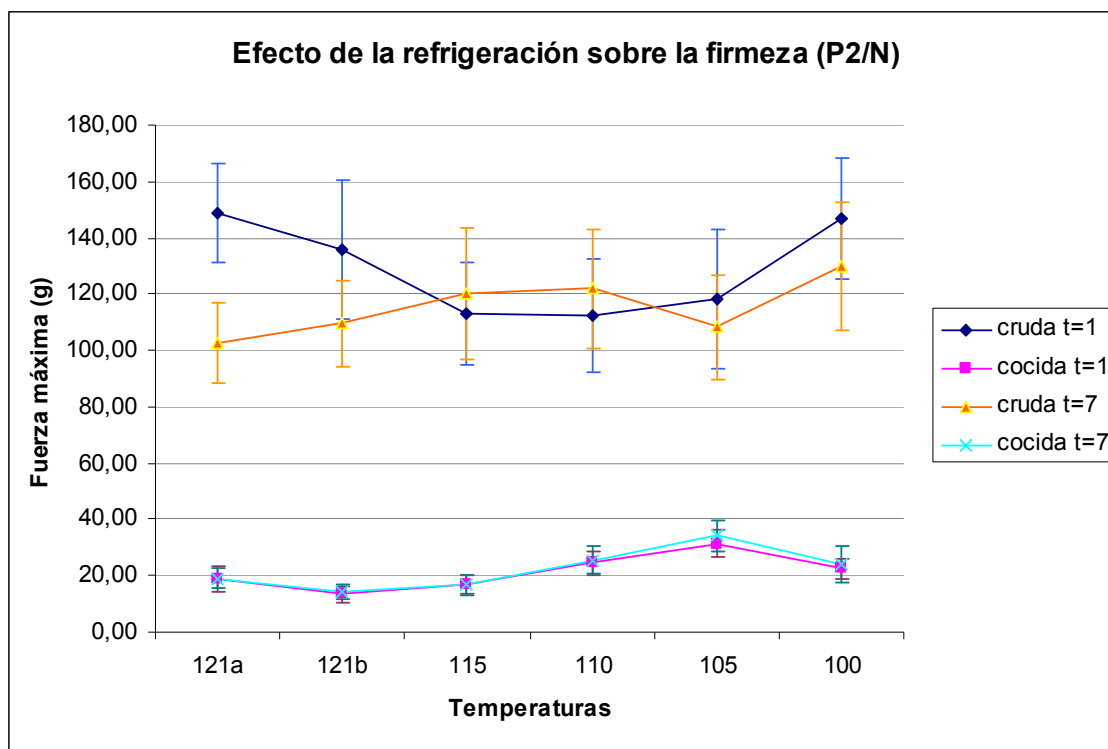


Fig. 35. Gráfica de la firmeza comparada para todos los tratamientos

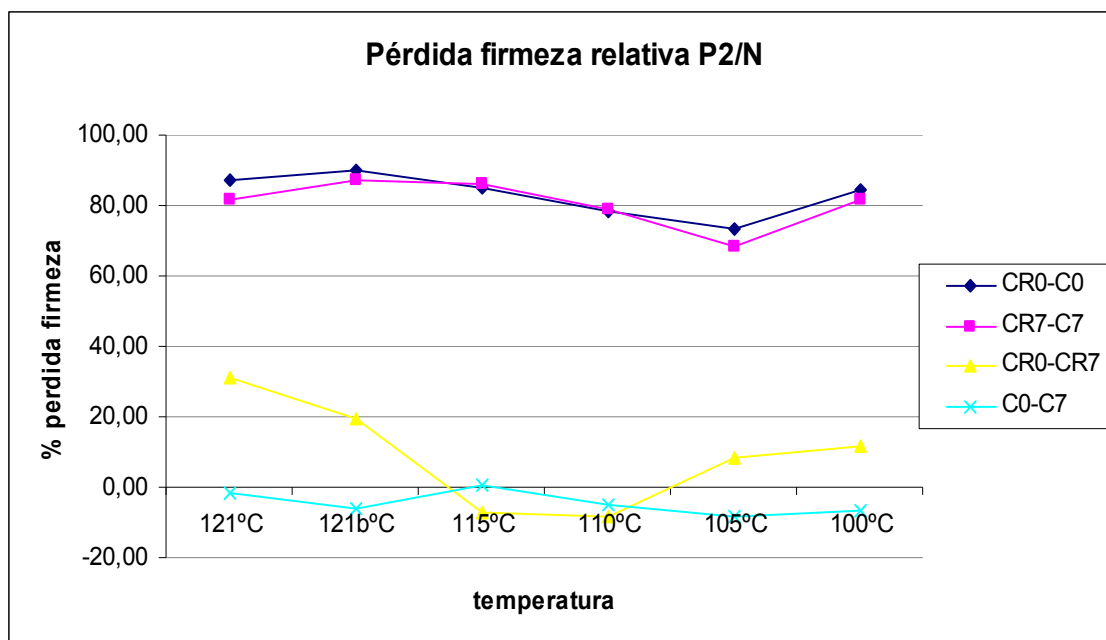


Fig. 36. Gráfica de la pérdida de firmeza relativa para los distintos tratamientos.

Observando la figura 35 y 36 podemos ver como los cambios en la firmeza del material cocido son poco significativos, y ésta se mantiene igual después del tratamiento de conservación. Sin embargo, se observa que existen cambios más acusados entre la firmeza de las judías crudas sin refrigerar y las refrigeradas.

Como vemos en el histograma de la figura 37, la firmeza de las judías disminuye después de la conservación en frío y vacío, a causa de la pérdida de turgencia de las mismas, porque el vacío provoca que éstas no puedan respirar y ejerce una presión constante de aplastamiento sobre ellas, con la consecuente pérdida de agua. Así hay una disminución de 129 g de fuerza máxima media inicial a 115g después de la refrigeración.

Se puede observar una diferencia un tanto más acusada entre la firmeza de la parte que contiene el grano de la que no en las judías crudas refrigeradas. Eso es debido a que la zona que no contiene grano, siendo menos gruesa y más delicada se marchita con más facilidad al vacío que no la parte que contiene el grano. La pérdida de turgencia en esta zona se ve acentuada.

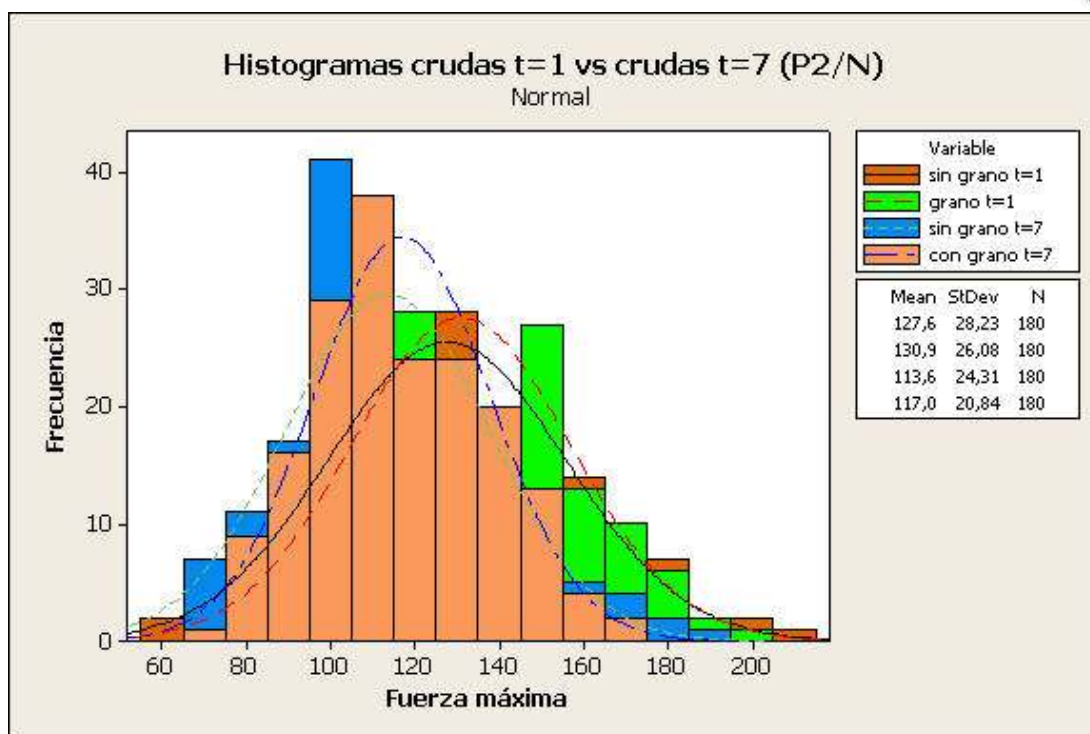


Fig. 37. Histograma comparado de la firmeza de las judías crudas frescas y las guardadas durante 7 días al vacío, según tienen o no grano.

4.2.1.4. Efecto de la conservación al vacío

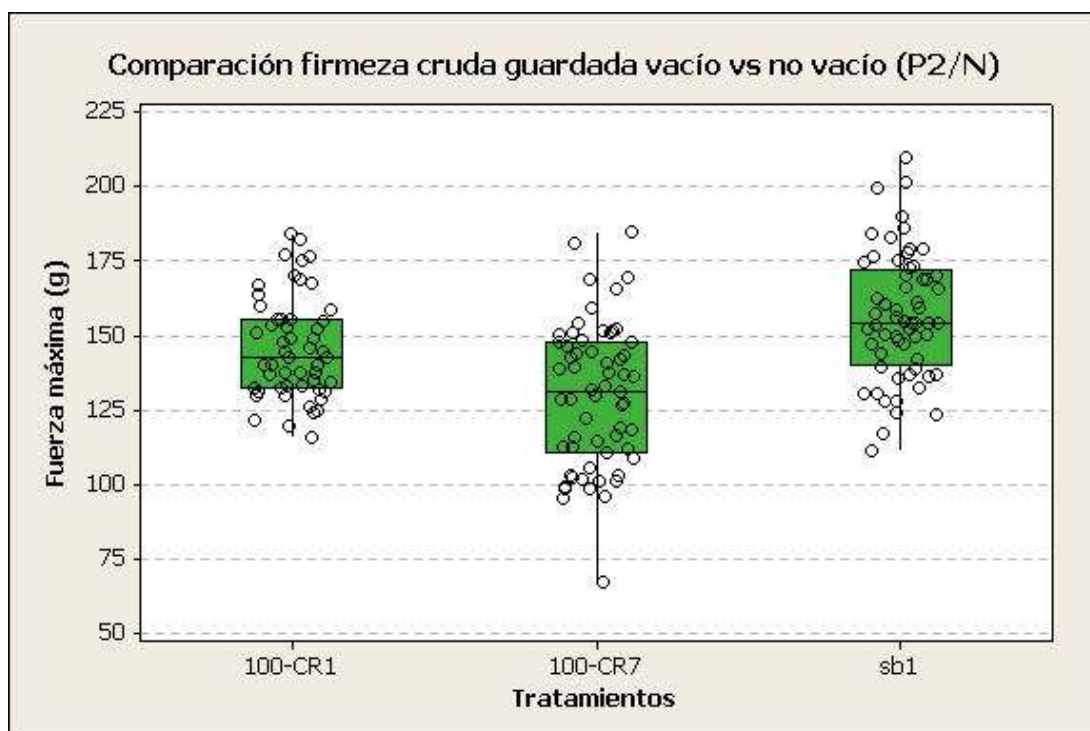


Fig. 38. Diagrama de cajas de la firmeza de las judías crudas a 1 día (100-CR1), las judías crudas a 7 días envasadas al vacío (100-CR7), y las judías crudas a 7 días sin envasar (sb1).

Por otro lado se comparó el efecto de la refrigeración durante 7 días entre judías envasadas al vacío y judías no envasadas. Según vemos en la figura 38, la firmeza de las judías verdes sin envasar al vacío y guardadas 7 días no disminuyó respecto a las no refrigeradas mientras las envasadas si lo hicieron. Esto es debido a que como ya he comentado, el envasado del material fresco provoca que las células no puedan respirar y mueran perdiendo turgencia, y la firmeza se ve de esta forma afectada, mientras que las judías frescas refrigeradas durante 7 días sin envasar, mantienen las células vivas y turgentes y la marchitez del tejido se da de forma mucho más gradual, por éste motivo la firmeza final es mayor.

4.2.1.5. Comparación con muestras comerciales

Se comparó la firmeza de las muestras cocidas guardadas 7 días con la firmeza de cuatro tipos de judías procesadas que se encuentran en el mercado. Tal y como se observa en el diagrama de cajas de la figura 39, los lotes de 121a, 121b y 115°C entran dentro de los estándares de firmeza de las judías comerciales, estando entre 10 y 20 g fuerza máxima. Los lotes de 110 y 100°C también se consideran aceptables aunque estén por encima de la firmeza comercial, puesto que antes de ser consumidas normalmente deben sufrir otro tratamiento térmico para calentarlas que podría reblandecerlas más.

El lote de 105°C ya está demasiado por encima de la firmeza aceptable y se descarta.

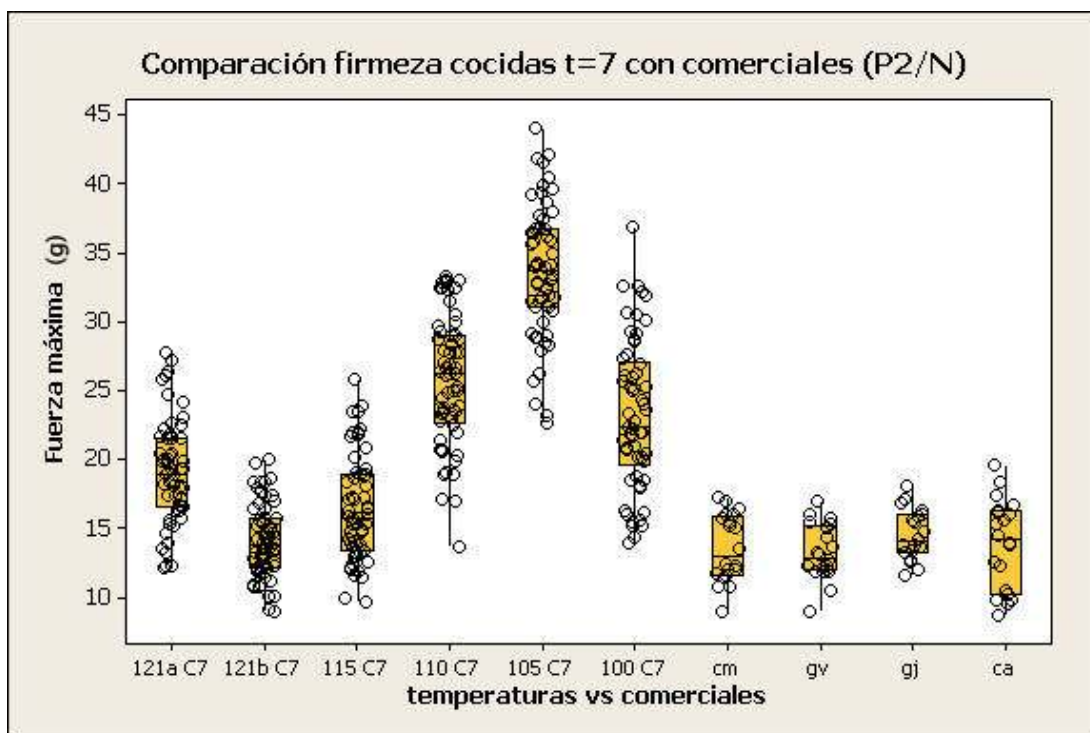


Fig. 39. Diagrama de cajas de la firmeza de las judías esterilizadas a distintas temperaturas vs firmeza estándar de judías comerciales procesadas. Leyenda: cm: conservas martínez; gv: conserva gvtarra; gj: judías con jamón gvtarra; ca: judías verdes carrefour.

4.2.2. Estudio de la ternura (sonda WB)

Los datos obtenidos en el estudio de la ternura se muestran en la tabla 7.

WB	121a			121b			115		
Tiempo = 1 día									
cruda	-	±	-	3524,80	±	260,85	2689,69	±	274,84
cocida	-	±	-	439,96	±	82,57	500,54	±	83,41
Tiempo = 7 días									
cruda	-	±	-	3958,96	±	190,84	3187,61	±	409,66
cocida	-	±	-	412,13	±	100,39	498,62	±	111,66
	110			105			100		
Tiempo = 1 día									
cruda	3322,47	±	373,71	3086,23	±	332,69	3120,26	±	503,74
cocida	729,36	±	92,48	1062,63	±	112,73	712,37	±	96,30
Tiempo = 7 días									
cruda	3253,76	±	611,07	3004,69	±	313,62	3681,68	±	419,49
cocida	674,35	±	83,54	1125,22	±	155,58	760,59	±	109,01

Tabla 7. Efecto de la cocción sobre la ternura en la judía verde. Datos expresados en gramos de fuerza máxima como media \pm SD sobre un total de 12 medidas en crudas y 18 medidas en cocidas.

En la figura 40 vemos un perfil típico de textura con la sonda Warner- Bratzler (WB). Diferenciamos (a) como el punto de fuerza máxima. Se puede diferenciar perfectamente el perfil de la judía cruda del de la cocida, en que el punto de fuerza máximo (1) está muy por debajo.

En el perfil de las crudas, el segundo pico (2) después del de fuerza máxima se debe a la rotura de la judía, ya que ésta es crujiente y la fuerza aplicada hace que en un momento dado ésta se rompa en dos, mientras que en la judía cocida esto no ocurre.

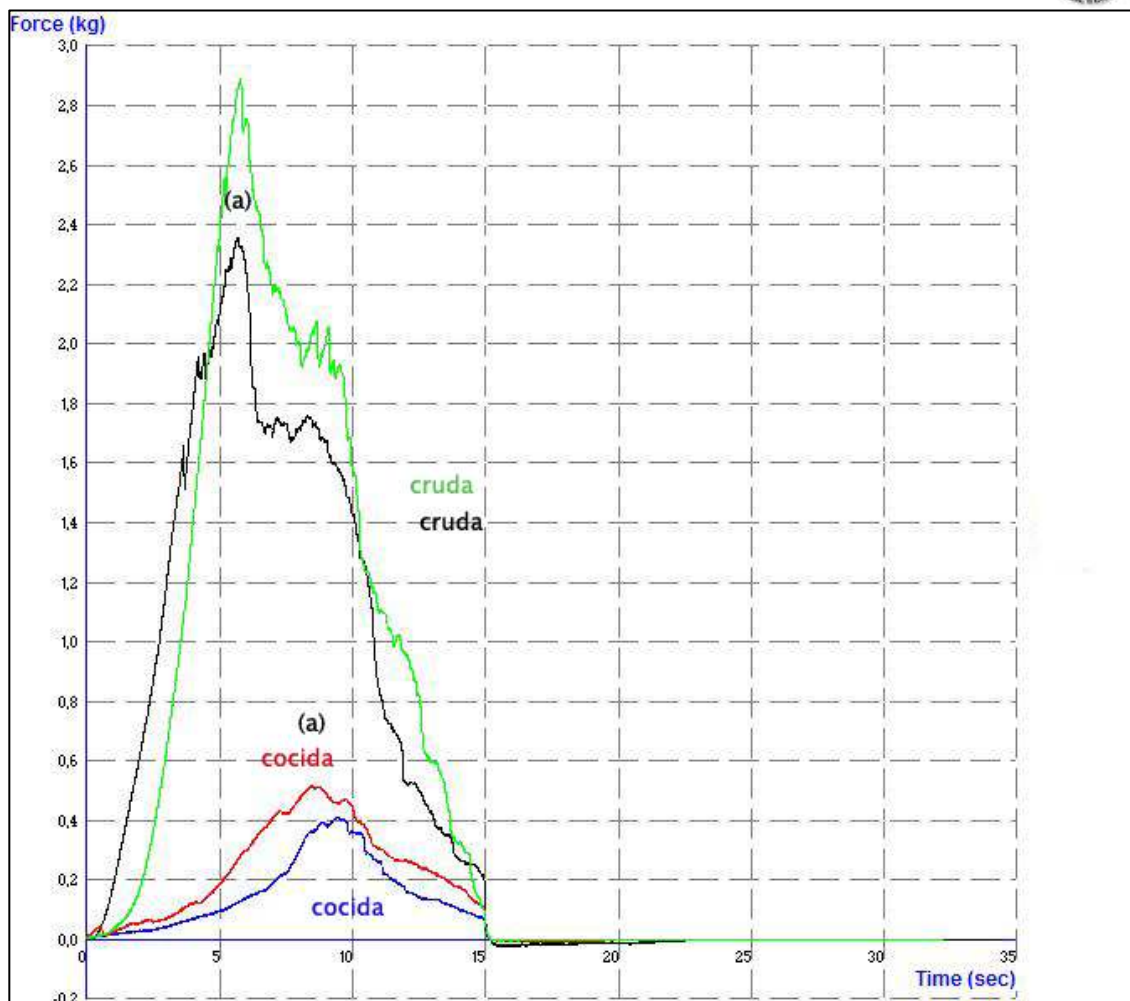


Fig. 40. Perfil típico de textura obtenido con sonda WB en judía cruda y cocida. (a) corresponde al punto de fuerza máxima.

4.2.2.1. La judía cruda

La sonda WB mide la ternura de un producto frente a la masticación. Según el diagrama de cajas de la figura 41, podemos observar que las judías más tiernas fueron las del lote de 115°C, con una fuerza máxima de unos 2700 g frente a una media de 3200 a 3600g de los demás lotes. Comparando estos datos con los obtenidos con la sonda P2/N, podemos decir que las judías de 115°C también eran las menos firmes. Es posible que éstas estuvieran un poco menos turgentes en el momento de la compra, a causa del transporte y almacenamiento de las mismas.

Las judías del lote de 100°C presentan una alta variabilidad de ternura. Esto puede ser debido a que en el caso de la sonda WB no se distinguió entre zona con y sin grano, y podría existir una diferencia significativa entre éstas dos, dando lugar a medidas de ternura muy distintas.

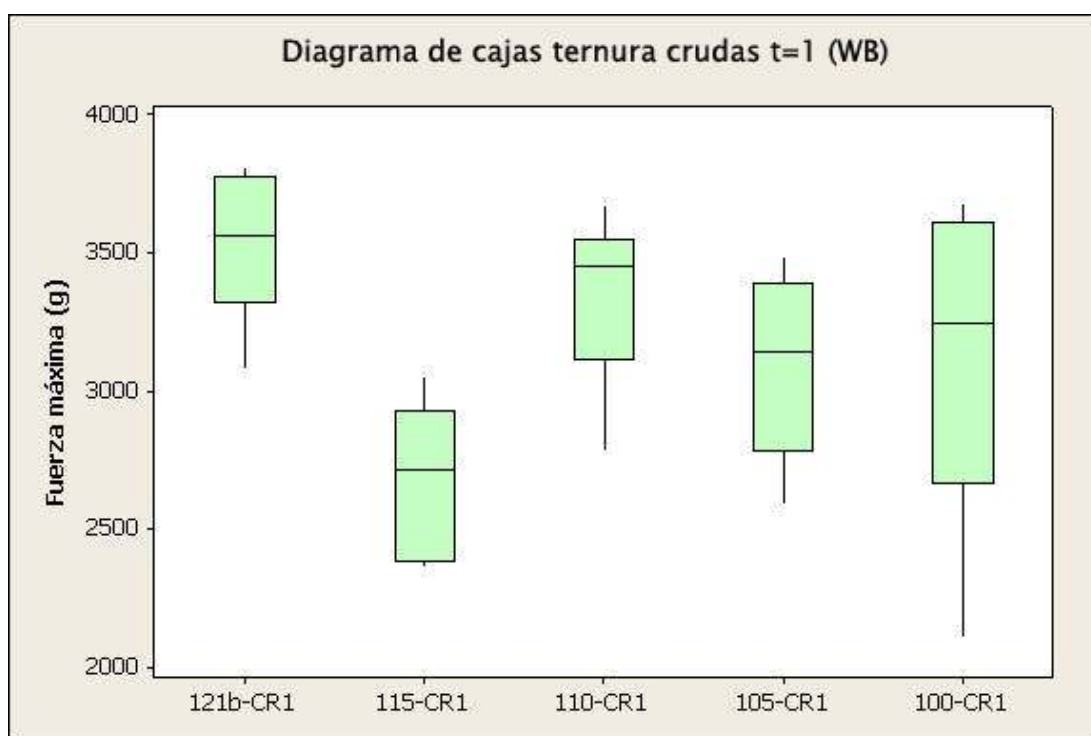


Fig. 41. Diagrama de cajas de la ternura en judías crudas en los distintos lotes antes del tratamiento térmico.

4.2.2.2. Efecto de la cocción

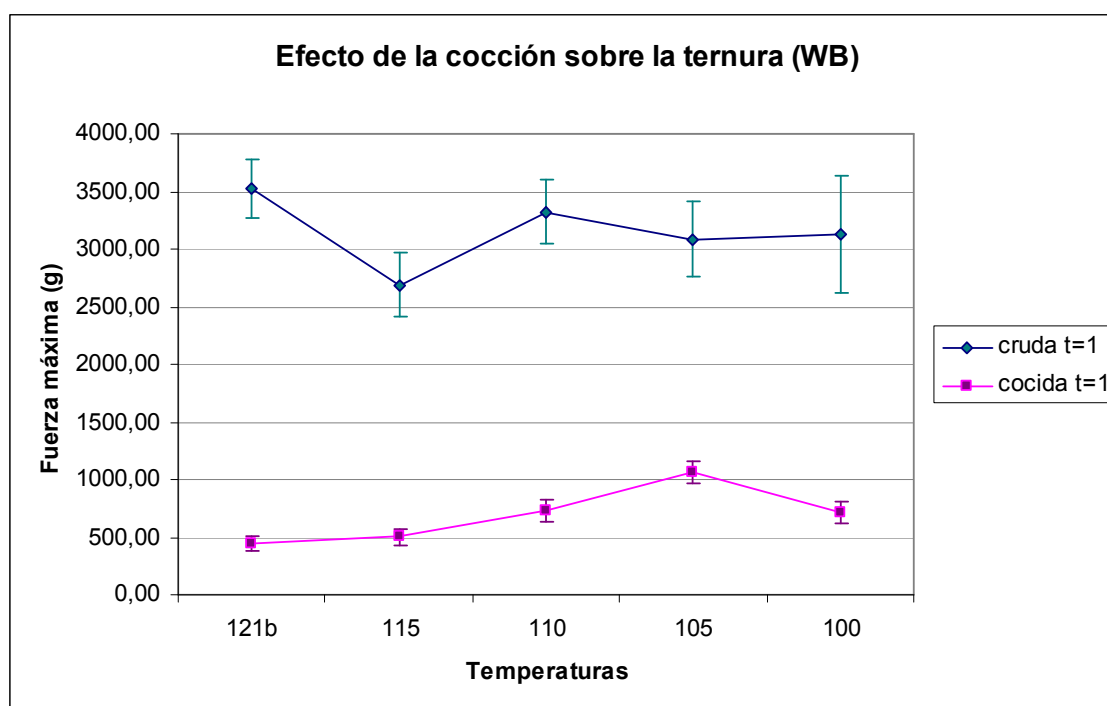


Fig. 42. Gráfico de la ternura inicial y después del tratamiento térmico de las judías (sonda WB)

En el gráfico de la figura 42 podemos ver la comparación entre la ternura inicial de las judías y la de después de la cocción. Vemos que todo y que en las judías crudas la ternura no es del todo similar en los distintos lotes, después del tratamiento térmico es mucho más homogénea, y se puede ver una importante reducción de la desviación estándar. Volvemos a ver que el tratamiento de 105°C ha sido insuficiente y la ternura final es muy baja, estando por encima de los 1000g de fuerza máxima. Se podría estimar que una ternura final adecuada estaría entre los 500 y los 1000g de fuerza máxima ejercida con la sonda WB.

La tabla 8, nos muestra la ternura relativa ganada o perdida en cada uno de los tratamientos.

TEXTURA WB

Ternura relativa (%)							
	121°C	121b°C	115°C	110°C	105°C	100°C	
CR0-C0	-	87,52	81,39	78,05	65,57	77,17	Efecto de la cocción
CR7-C7	-	89,59	84,36	79,27	62,55	79,34	Efecto de la cocción y refrigeración
CR0-CR7	-	-12,32	-18,51	2,07	2,64	-17,99	Efecto de la refrigeración en material crudo
C0-C7	-	6,33	0,38	7,54	-5,89	-6,77	Efecto de la refrigeración en material cocido

Tabla 8. Cálculo de la ganancia en ternura relativa de los distintos tratamientos

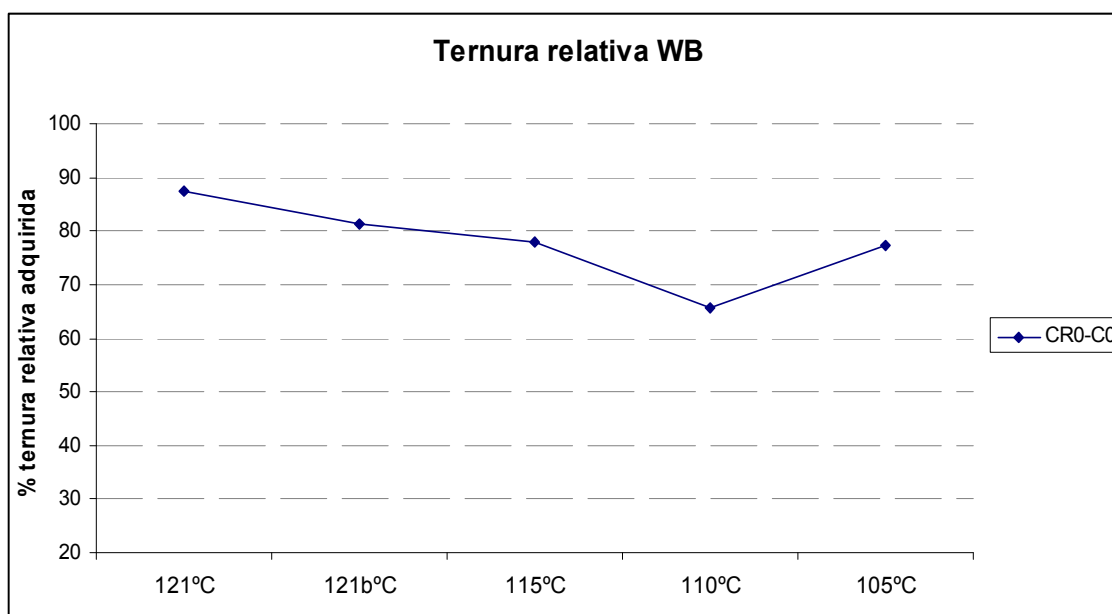


Fig. 43. Ganancia de ternura relativa de las judías por efecto de la cocción

Podemos ver en la figura 43 que la ganancia de ternura relativa aceptable estaría entre el 70 y el 90%, y vemos de nuevo que el tratamiento de 105°C queda por debajo de éstas cifras (con tan solo un 65% de ganancia). El tratamiento de 121°C b es el que queda más tierno de todos con una ganancia mayor (del 87%), y los demás tratamientos ganan aproximadamente un 80% de ternura.

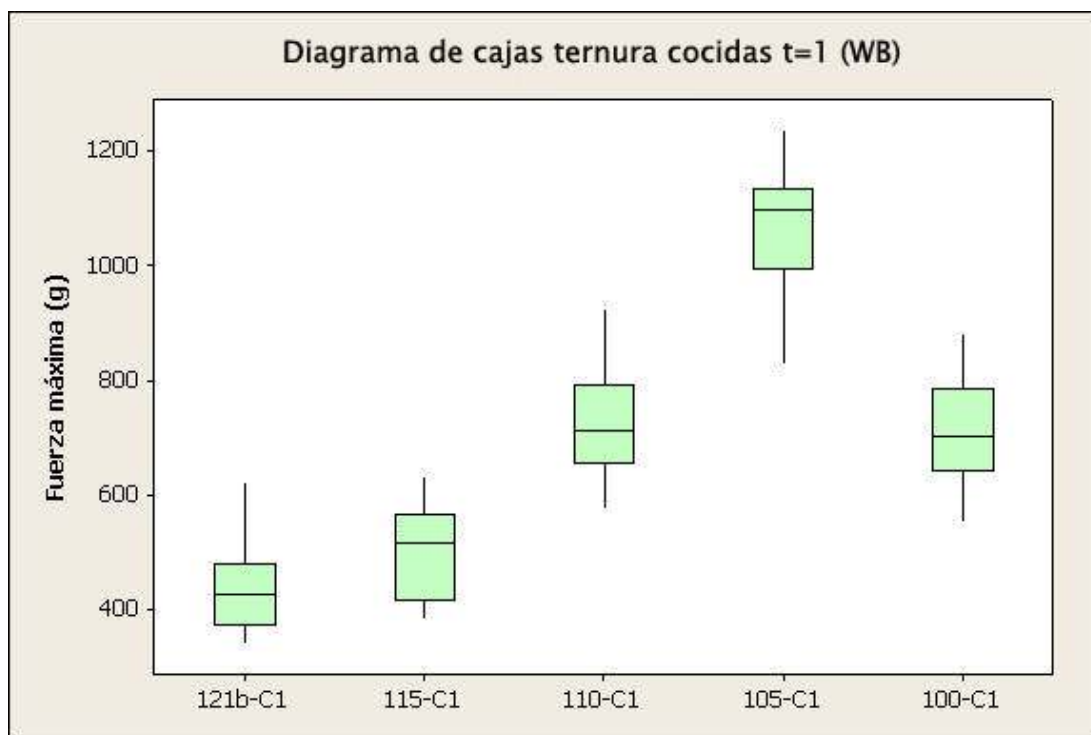


Fig. 44. Diagrama de cajas de la ternura final de las judías una vez cocidas en el autoclave.

En el diagrama de cajas de la figura 44, podemos ver que la ternura de todos los tratamientos menos el de 105, quedan entre los 400 y los 700 g de fuerza máxima aproximadamente. El más tierno de todos los tratamientos, al igual que ocurre con la firmeza, es el de 121b, con un valor próximo a los 400g.

4.2.2.3. Efecto de la conservación en frío

En el gráfico de la figura 45, podemos ver el efecto de la refrigeración sobre la ternura. Al igual que con la firmeza, la ternura de las judías cocidas sigue estable después del tratamiento de refrigeración, y los cambios en la ternura se dan principalmente en las judías crudas, que en general se vuelven menos tiernas. Esto es debido a que la conservación de las judías crudas al vacío, como ya hemos comentado, marchita las células y hace que la judía pierda la ternura inicial, dejando una textura un poco más

elástica y menos crujiente, al contrario de lo que ocurre con la firmeza de la piel, que, por lo general, se pierde. Así el perfil de textura con la sonda WB es totalmente contrario al de la P2/N en la textura de las crudas refrigeradas respecto a las no refrigeradas.

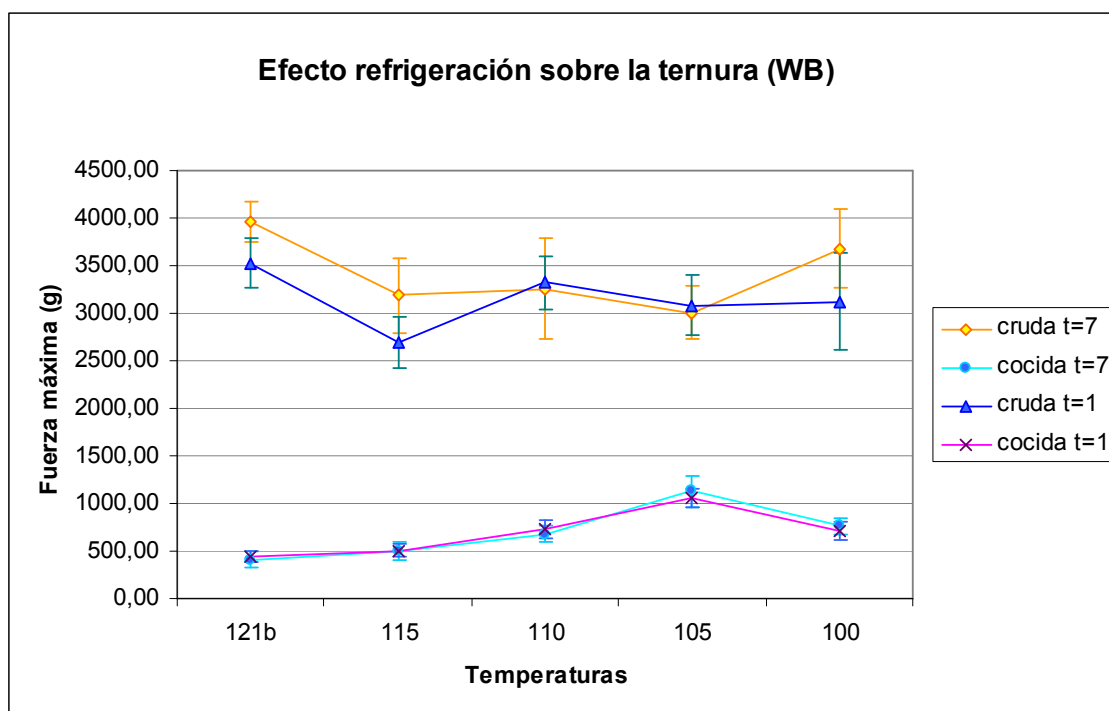


Fig. 45. Gráfica de la ternura comparada para todos los tratamientos

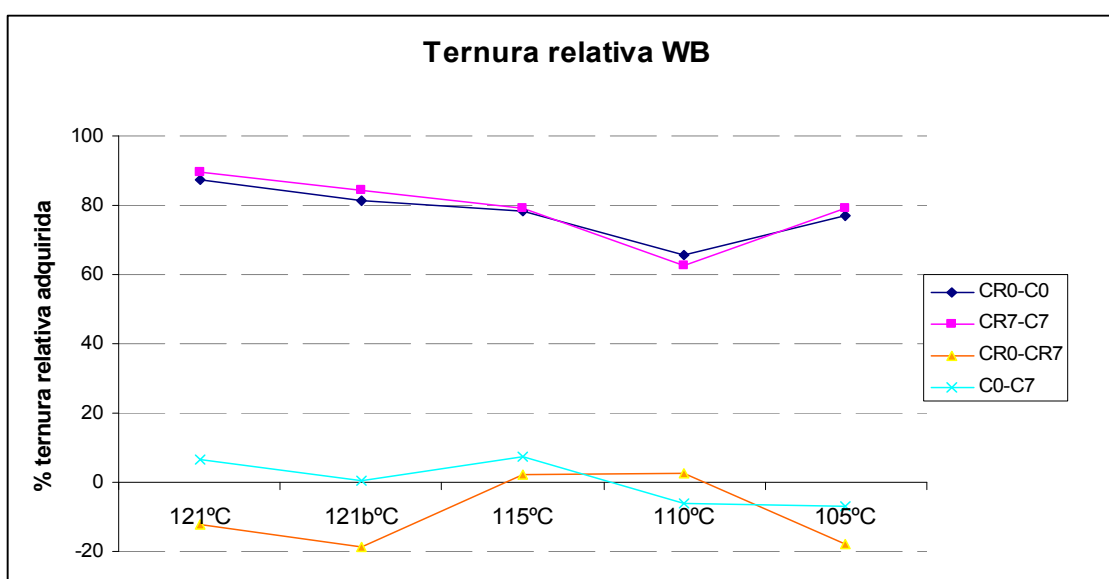


Fig. 46. Gráfica de la ganancia de ternura relativa para los distintos tratamientos

En la figura 46, vemos la ganancia de ternura relativa causada por todos los tratamientos. Las judías cocidas tanto refrigeradas como no refrigeradas se mantienen alrededor de un 70-90% de ganancia de ternura relativa, menos el tratamiento de 105°C. Como vemos el efecto de la refrigeración sobre el material cocido es casi nulo (C0-C7) mientras el efecto de la refrigeración en crudo, a excepción de 110 y 105°C, presenta una pérdida de ternura relativa.

4.2.2.4. Efecto de la conservación al vacío

En la figura 47, podemos observar el diagrama de cajas de comparación de las judías refrigeradas envasadas al vacío y las que no. En éste caso el comportamiento de la textura medida con la WB también es el contrario que con la P2/N. Podemos ver que durante la refrigeración, las judías envasadas al vacío pierden ternura, se marchitan, y la fuerza máxima aplicada de media es superior que la inicial, mientras que sin envasarlas, éstas ganan ternura, disminuyendo su fuerza máxima.

Así, podemos concluir que la refrigeración al vacío en judías crudas provoca una pérdida de firmeza y de ternura del producto, mientras que al refrigerarlas sin envasar al vacío, la firmeza se mantiene e incluso se vuelven un poco más tiernas.

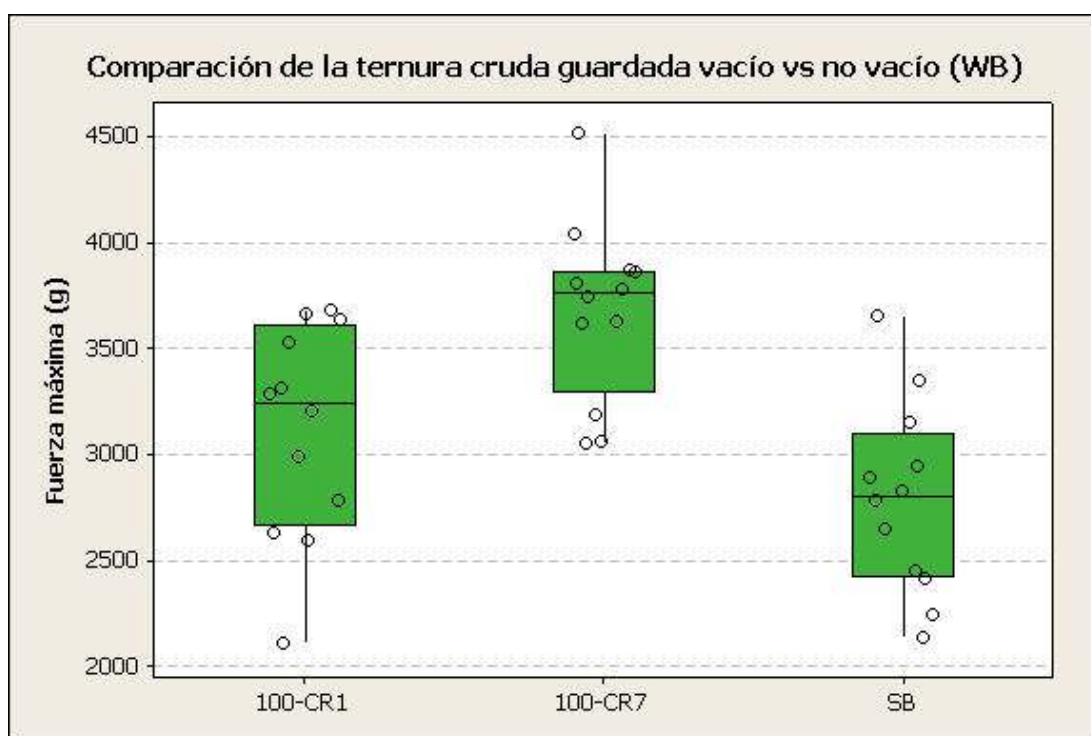


Fig. 47. Diagrama de cajas comparando las judías crudas a 1 días (100-CR1), las judías crudas a 7 días envasadas al vacío (100-CR7), y las crudas a 7 días sin envasar (SB)

4.2.2.5. Comparación con muestras comerciales

En la figura 48, el diagrama de cajas nos muestra la comparación de la ternura final las judías de los distintos tratamientos térmicos con las comerciales. En éste caso se puede ver que la ternura estándar de las muestras comerciales es por lo general más alta que la obtenida con los tratamientos de esterilización realizados. Se destaca únicamente las judías verdes CA, que todo y estar en el mismo grado de firmeza que las demás, son un tanto menos tiernas. Se comprobó sensorialmente que éstas eran un poco más crujientes que el resto de judías comerciales.

Hay que tener en cuenta que las judías comerciales estaban todas cortadas en trozos y envasadas en recipientes resistentes a los golpes, mientras las judías envasadas al vacío, estaban enteras y solamente protegidas por una bolsa de plástico, por lo que es importante que no sean demasiado tiernas para poder preservar su integridad. Se considera pues adecuada la ternura obtenida en los tratamientos de 121, 115, 110 y 100°C.

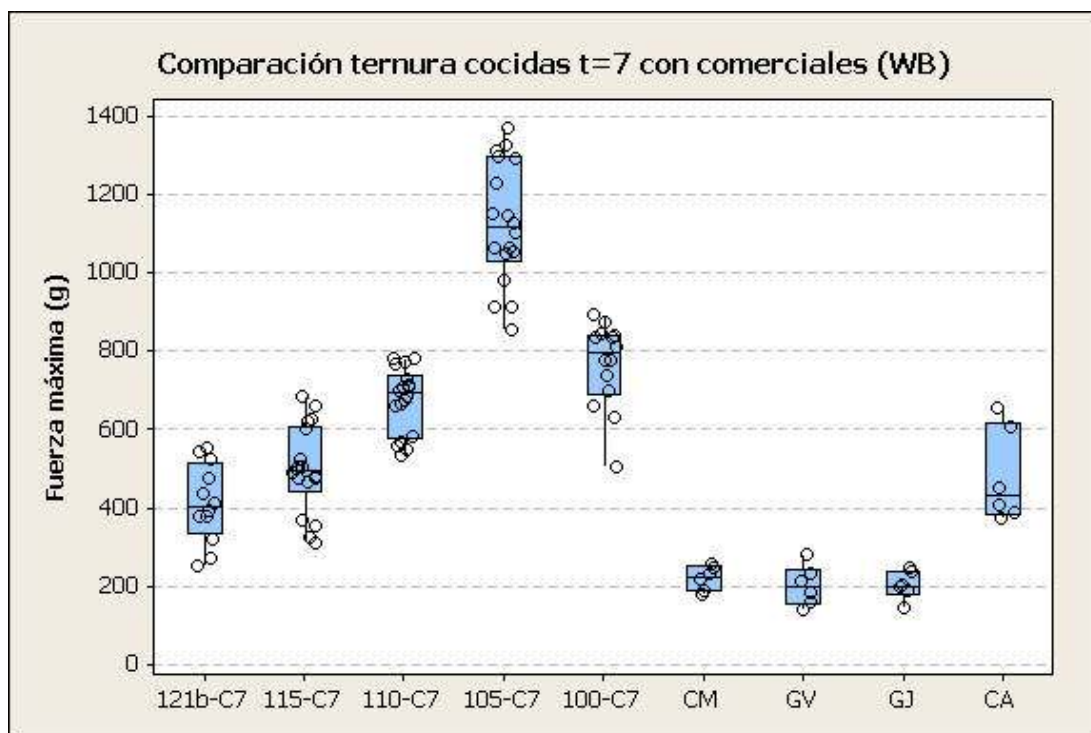


Fig. 48. Diagrama de cajas de la ternura de las judías esterilizadas a distintas temperaturas vs la ternura estándar de judías comerciales procesadas. Leyenda: cm: conservas martínez; gv: conserva gvtarra; gj: judías con jamón gvtarra; ca: judías verdes carrefour..

La dispersión de los resultados es mayor que en los obtenidos con la sonda P2/N.

4.3. La pérdida de peso

El estudio de éste parámetro nos da una idea de la cantidad neta final que se obtendrá del producto cocido, así como de la pérdida de nutrientes ocasionada por el lixiviación de agua propio del alimento.

En la tabla 9 se muestra el porcentaje de pérdida de peso debido a los distintos tratamientos.

PÉRDIDA DE PESO

Pérdida de peso (%)							
	121a°C	121b°C	115°C	110°C	105°C	100°C	
CR0-C0	4,69	9,06	6,17	2,87	1,50	3,11	Efecto de la cocción
CR7-C7	2,10	6,98	5,95	2,14	0,61	2,79	Efecto de la cocción y refrigeración
CR0-CR7	2,68	3,71	1,03	2,13	1,41	2,85	Efecto de la refrigeración en material crudo
C0-C7	0,08	1,63	0,81	1,40	0,52	2,53	Efecto de la refrigeración en material cocido

Tabla 9. Pérdida de peso (%) debida a los distintos tratamientos

4.3.1. Efecto de la cocción

En la figura 49 podemos apreciar el porcentaje de pérdida de peso debido a la cocción. Podemos ver que la máxima pérdida de peso se da en el lote de 121b, un un 9% de pérdida, mientras el mínimo se da en 105°C, con tan solo un 1,5% de pérdida, pero éste es un caso excepcional porque éste lote estaba poco cocido. La pérdida de peso tan acusada del tratamiento de 121b, puede deberse, no tanto al tratamiento térmico en sí, si no a la calidad de las judías, ya que éstas fueron las únicas de procedencia distinta (provenían de Granada, y no de Gavà), por lo que en general en todos los parámetros se observa una tendencia diferente de este lote para con los demás.

Después, los demás lotes podríamos agruparlos en dos, según la pérdida de peso sufrida: el lote 121^a y el 115, con una pérdida de peso del 4 a 6%, y por otro lado el lote de 110 y 105 que tienen una pérdida de peso debida a la cocción alrededor del 3%.

Las pérdidas de peso las judías en cocidas por lo general fueron importantes porque parte de la judía quedaba pegada a la bolsa a causa de las altas temperaturas. Se podría minimizar la pérdida con un tipo de bolsa más resistente al calor.

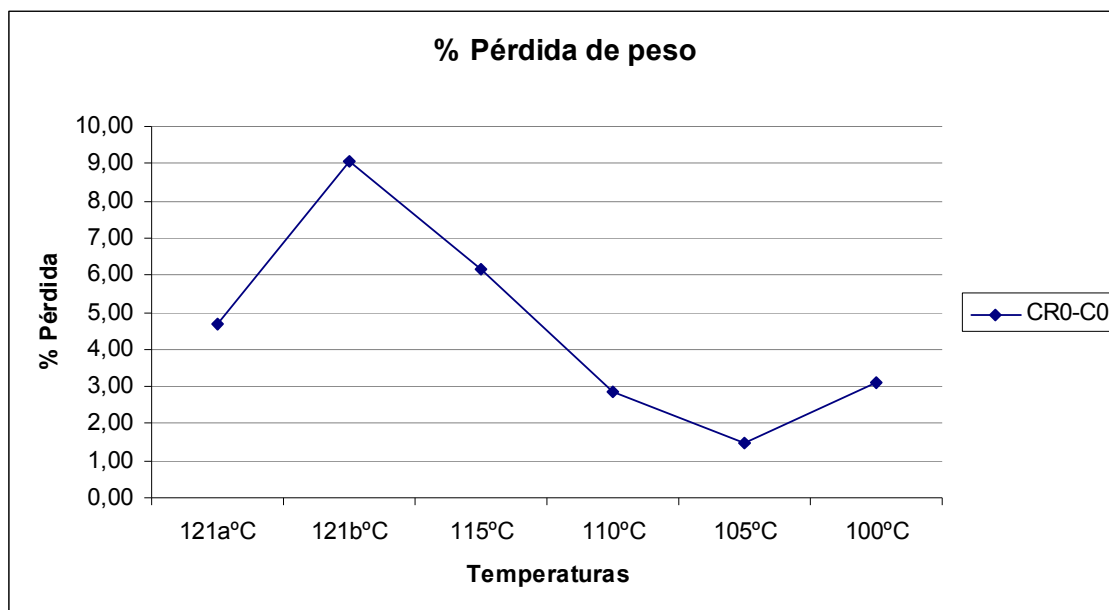


Fig. 49. Porcentaje de pérdida de peso debida a la cocción para cada tratamiento

4.3.2. Efecto de la conservación en frío

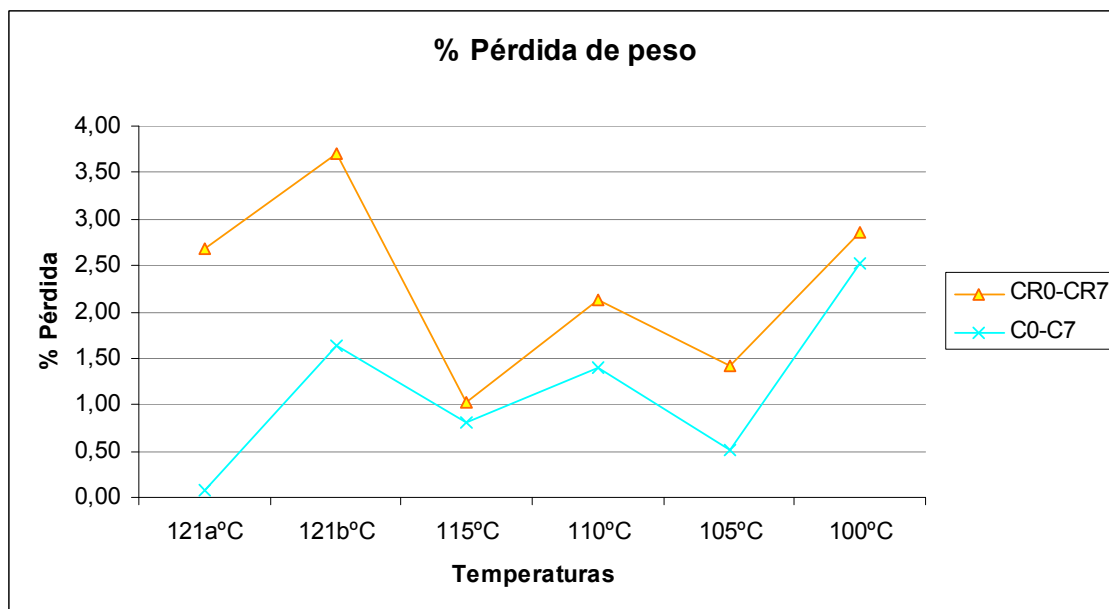


Fig. 50. Porcentaje de pérdida de peso debida a la refrigeración en material crudo (CR0-CR7) y cocido (C1-C7)

En la figura 50 podemos observar los efectos de la refrigeración sobre muestra cruda y cocida. En la muestra cocida se puede ver una tendencia a aumentar la pérdida de peso a medida que se disminuye la temperatura de esterilización.

En la muestra cruda se ve una gran variabilidad de pérdidas de peso, que van de un 1 a un 3,5% de pérdida de peso, debido a la pérdida de líquido producida por la ausencia de aire que permita respirar a las células así como la presión de aplastamiento producida por el vacío.

4.3.3. Efecto de la conservación al vacío

La figura 51 nos muestra la comparación del porcentaje de pérdida de peso entre la muestra envasada al vacío y la no envasada. Se puede ver como la no envasada tiene una menor pérdida de peso que la envasada, a causa del agua perdida. La no envasada pierde el agua por transpiración y evaporación, mientras que el efecto del envasado favorece las judías lixivien más agua de la habitual, produciéndose una mayor pérdida de peso de las mismas.

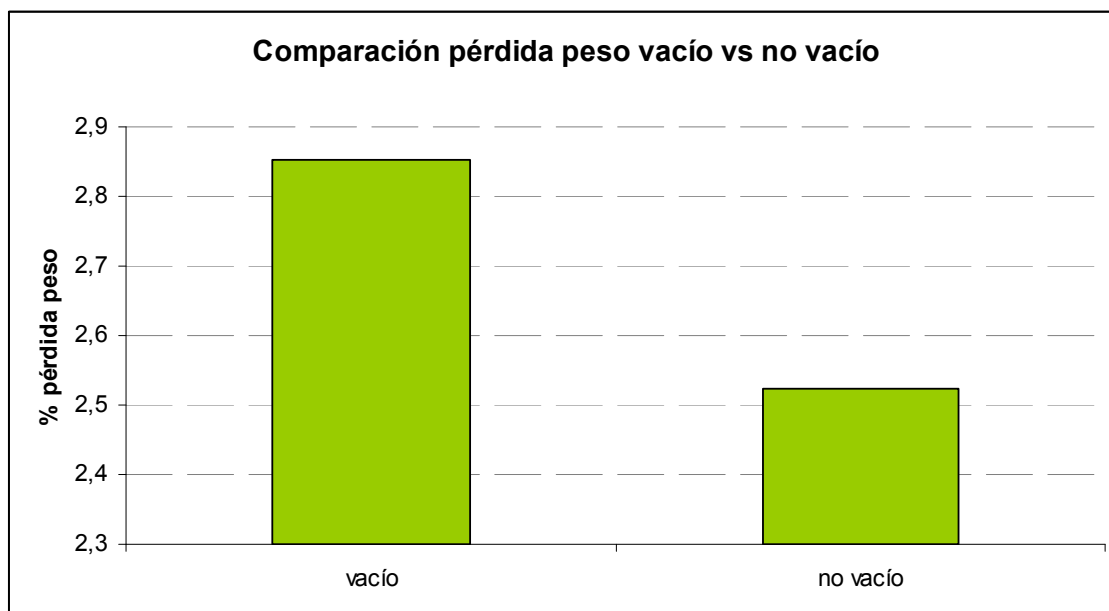


Fig. 51. Comparación % de pérdida de peso vacío vs no vacío

4.4. Ácido ascórbico

Se determinó el ácido ascórbico como indicador de la pérdida nutricional.

En el gráfico de la figura 52, podemos observar la cantidad (en mg por cada 100 gramos de judía) de ácido ascórbico que contenían cada uno de los tratamientos.

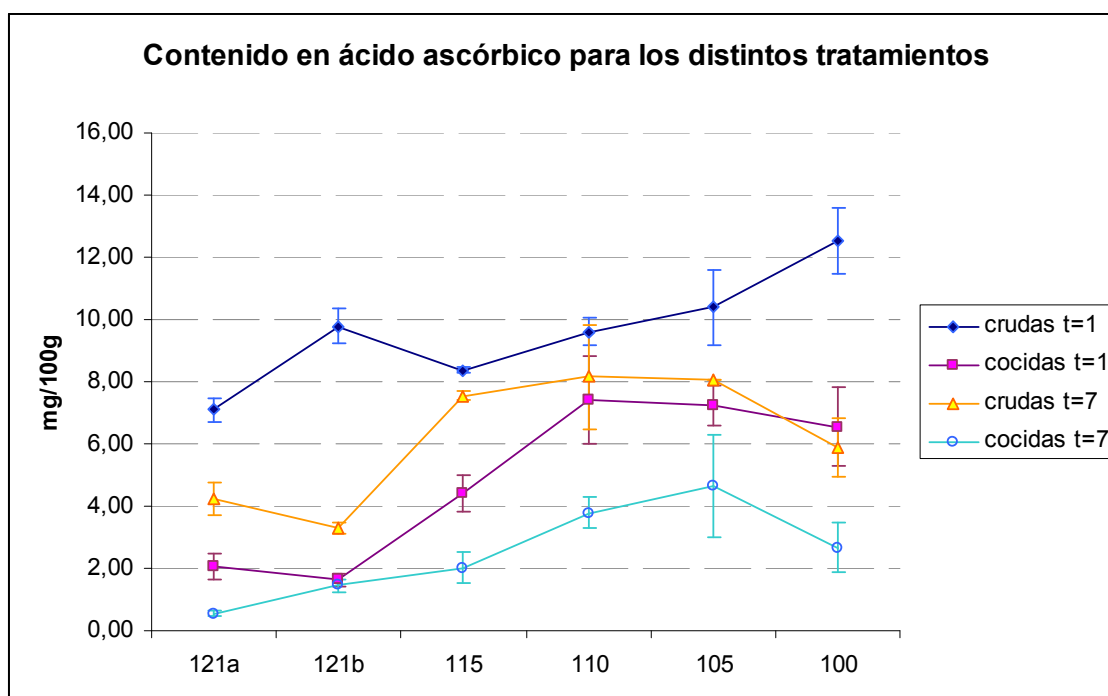


Fig. 52. Contenido de ácido ascórbico de las judías en sus distintos tratamientos (datos expresados en mg ac. Ascórbico/100g judía)

4.4.1. Las judías crudas

En la figura 52 ya podemos observar que la cantidad inicial de ácido ascórbico de las judías verdes crudas es diferente en cada lote. Esto depende del tiempo que haya pasado desde su recolección a su procesado y de las condiciones en las que han sido cultivadas principalmente. Se encuentran unas cantidades iniciales entre un rango de 7 a 13 mg de ácido ascórbico por 100 gramos de judías. Eliminando el lote de 121b, que provienen de un lugar distinto a todas las demás, se puede ver en la figura 53 una tendencia al alza,

dada quizás por la diferente maduración a lo largo del tiempo de la judía, que se compró a intervalos de aproximadamente una semana cada lote.

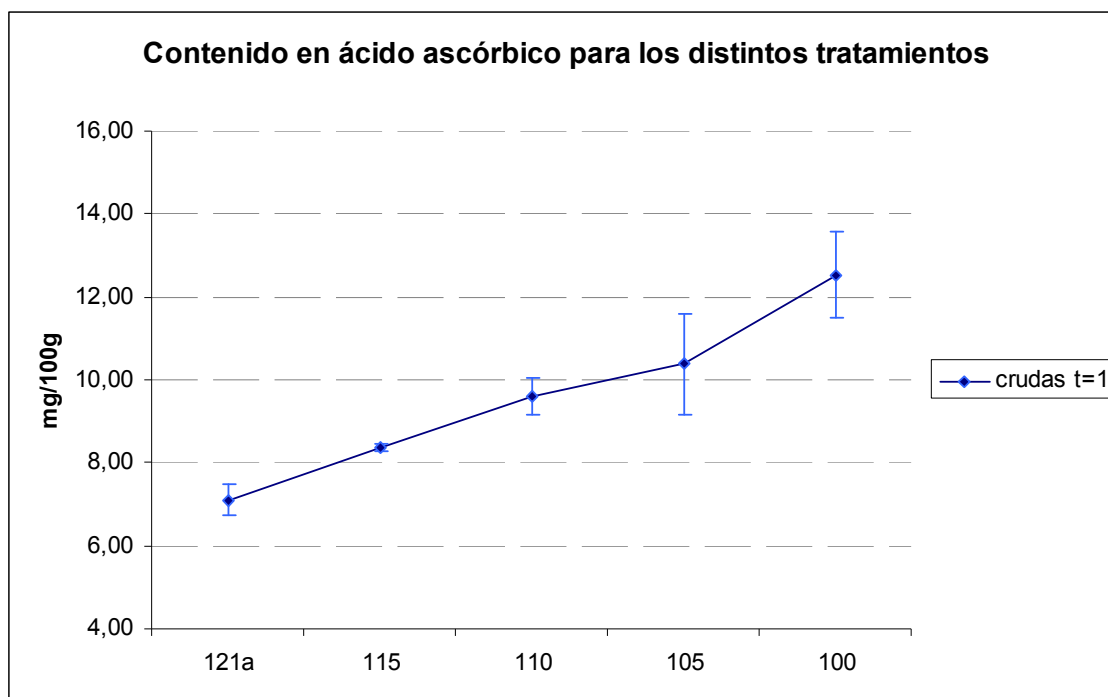


Fig. 53. Contenido inicial de ácido ascórbico de las judías crudas

4.4.2. Efecto de la cocción

En la tabla 10 se muestra la pérdida de ácido ascórbico debida a los distintos tratamientos.

ÁC. ASCÓRBICO

	Pérdida relativa (%)						
	121a°C	121b°C	115°C	110°C	105°C	100°C	
CR0-C0	71,10	83,42	47,30	22,80	30,23	47,76	Efecto de la cocción
CR7-C7	87,11	55,94	73,34	53,69	42,60	54,64	Efecto de la cocción y refrigeración
CR0-CR7	40,64	66,44	9,73	14,95	22,26	52,93	Efecto de la refrigeración en material crudo
C0-C7	73,52	10,82	54,35	48,93	36,04	59,12	Efecto de la refrigeración en material cocido

Tabla 10. Pérdida relativa de ácido ascórbico para los distintos tratamientos.

En la cocción se acelera la degradación de nutrientes por vías oxidativas y no oxidativas, y el alimento pierde agua, lavando los nutrientes solubles. Durante la esterilización de las judías en el autoclave parte del ácido ascórbico se perdió. En la

figura 54 podemos observar la pérdida relativa de ácido ascórbico que se produjo gracias a la cocción en los distintos tratamientos.

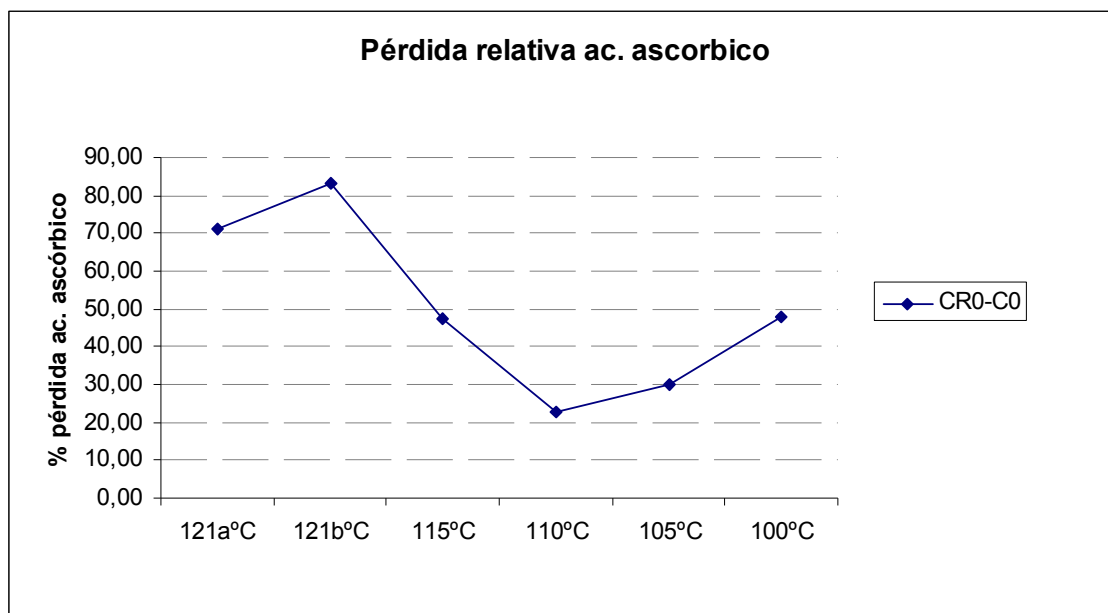


Fig. 54. Pérdida relativa de ácido ascórbico a causa de la cocción para los distintos tratamientos

En los tratamientos de 121°C vemos una importante pérdida de ácido ascórbico, del orden de 70-80%, a causa de la alta temperatura a la que se ha sometido el alimento. En los posteriores tratamientos de 115 y 110°C vemos como ésta pérdida va disminuyendo hasta un 20%, puesto que los tiempos totales de tratamiento se van acortando y la temperatura va disminuyendo. Y a partir de ésta temperatura se ve un aumento progresivo de la pérdida a causa de que los tratamientos totales vuelven a ser más largos, llegando a un 50% de pérdida a 100°C.

Se puede ver que el perfil de pérdida de ácido ascórbico en cocidas se ajusta bastante al de pérdida de peso, lo que me hace pensar que gran parte del ácido ascórbico podría haberse perdido por solubilización.

4.4.3. Efecto de la conservación en frío

En el gráfico de la figura 55, podemos observar la pérdida de ácido ascórbico debida a la refrigeración tanto en judías crudas envasadas al vacío como en cocidas envasadas después de 7 días. En crudo ya se puede observar pérdida de ácido ascórbico, respecto a la concentración inicial. Se puede ver una correlación entre la cantidad inicial y el porcentaje de pérdida: cuanto más ácido ascórbico hay inicialmente, mayor es el

porcentaje de pérdida. También podría ser debido a las temperaturas de refrigeración, pero eso debería ser constatado con el registro de temperaturas de la nevera. La pérdida depende en gran parte del porcentaje de pérdida de peso que se relaciona con la pérdida de agua de las judías, que como ya he comentado, produciría la pérdida de vitamina C por solubilización.

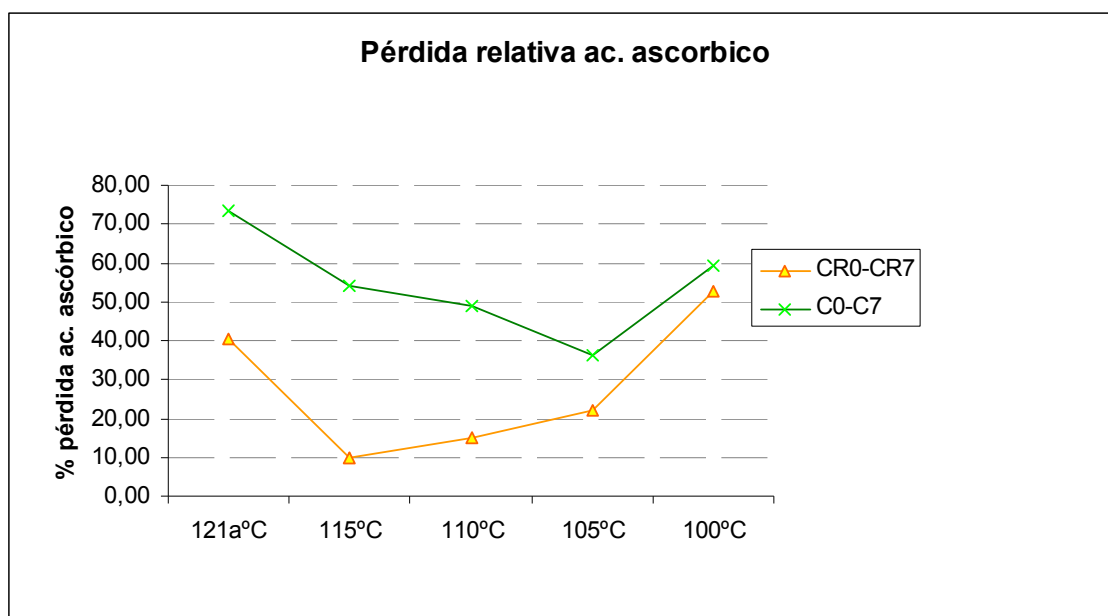


Fig. 55. Pérdida relativa de ácido ascórbico debida a la refrigeración en crudo (CR0-CR7) y en cocido (C0-C7)

En las cocidas, la pérdida de ácido ascórbico a causa de la refrigeración, es más elevada que no en las crudas, y va de 40 a un 70% de pérdida. La máxima pérdida se da en el tratamiento de 121°C

4.3.4. Efecto de la conservación al vacío

En la figura 56, podemos observar el porcentaje de pérdida de ácido ascórbico debida a la conservación en judías verdes envasadas al vacío y sin envasar. Podemos ver que la pérdida es mayor (de un 53%) en las envasadas al vacío que en las no envasadas (que es del orden del 31%). Aunque cabría esperar que una atmósfera libre de O_2 evitara la pérdida de ácido ascórbico por oxidación en las judías envasadas al vacío, como ya he comentado, éstas se marchitan y pierden bastante agua, con la consecuente pérdida de peso, y se arrastran los nutrientes solubles, entre ellos la vitamina C, que en consecuencia, baja su concentración en la judía. La vía por la que se disminuye la

cantidad de vitamina C en las no envasadas es básicamente por oxidación, mientras que en las envasadas sería por solubilización.

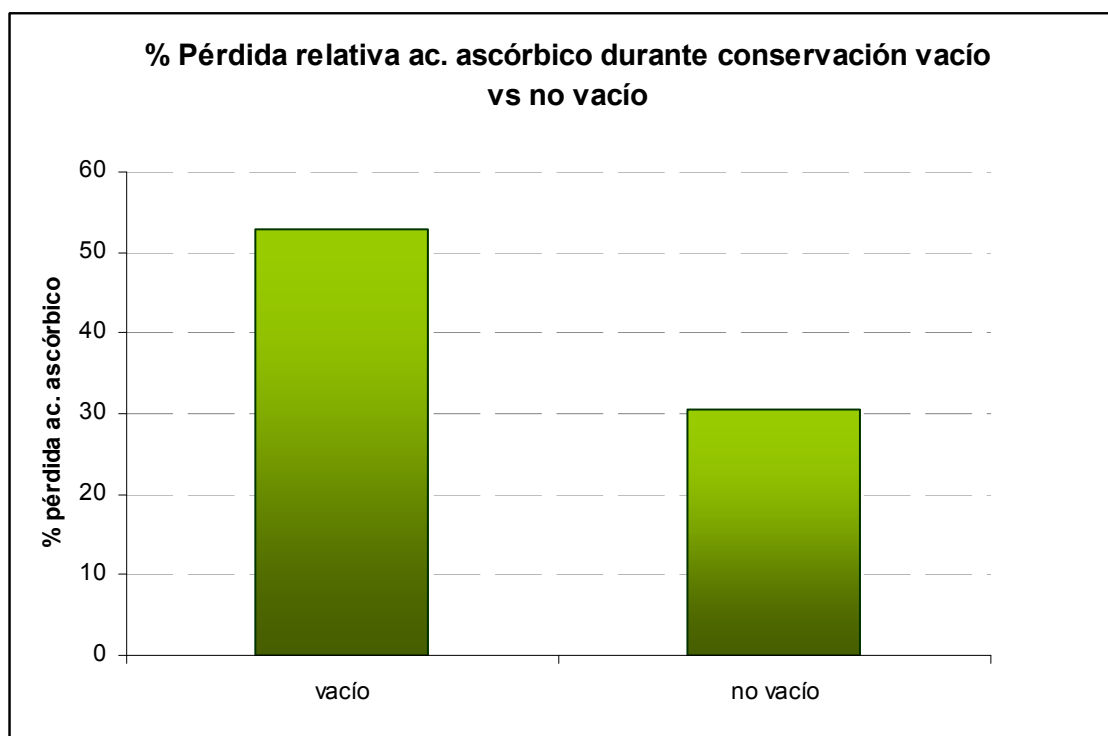


Fig. 56. Comparación del porcentaje de pérdida de ácido ascórbico durante la conservación en vacío y sin vacío en judías verdes crudas.

4.3.5. Comparación con muestras comerciales

La figura 57 nos muestra el contenido en ácido ascórbico final en las judías cocidas después de 7 días de refrigeración comparándolo con el contenido en las muestras comerciales. Podemos ver que el contenido en ácido ascórbico de la conserva GV está muy por encima de las demás. Esto es porque esta conserva estaba adicionada con ácido ascórbico. Las judías GJ, tienen, dentro de las muestras comerciales la menor cantidad de ácido ascórbico con 1,47mg/100g, pues se trata de un plato precocinado esterilizado, que se conserva sin refrigeración, con lo que el tratamiento térmico es muy elevado provocando una pérdida de ácido ascórbico similar a las de 121°C. Dejando a un lado el tratamiento de 105, que como ya hemos dicho las judías quedaron crudas, determinaríamos como mejor calidad nutricional las del tratamiento de 110, con un total de 3,8mg/100g de ácido ascórbico, por ser el tratamiento más corto y de temperatura intermedia. Pero teniendo en cuenta también como estándar las judías GJ, estarían dentro de lo aceptable las judías de los tratamientos de 121b, 115y 100.

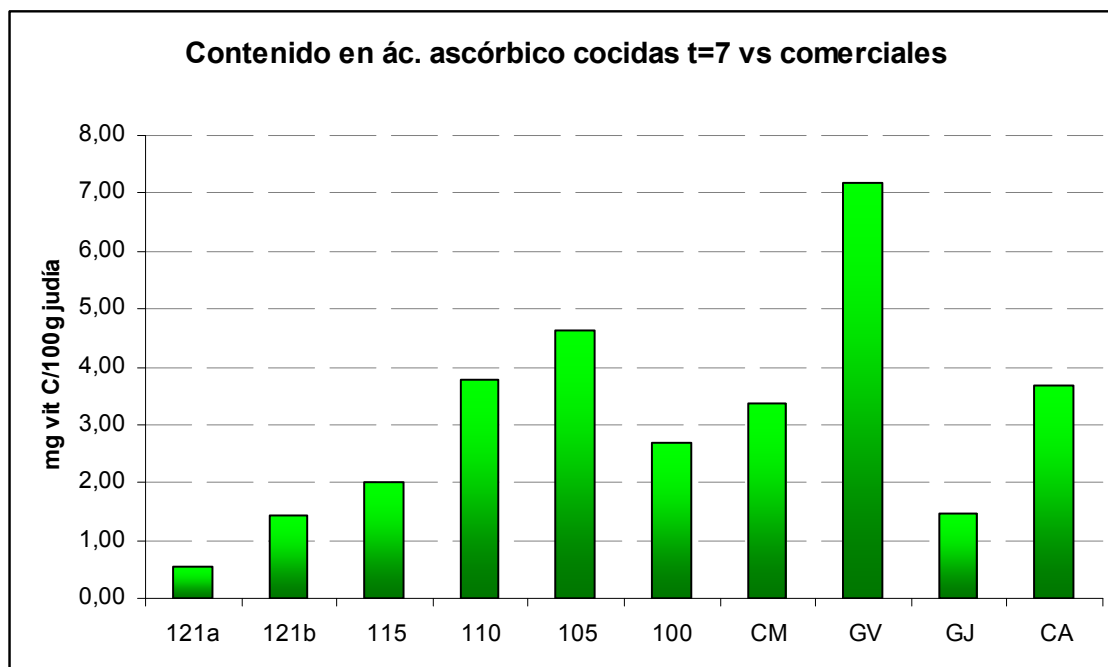


Fig. 57. Gráfico mostrando el contenido en ácido ascórbico de las judías esterilizadas a distintas temperaturas vs judías comerciales procesadas. Leyenda: CM: conservas martínez; GV: conserva gytarra; GJ: judías con jamón gytarra; CA: judías verdes carrefour..

4.5. 5-Hidroximetilfurfural

Se determinó el 5-HMF con dos métodos distintos de extracción, como ya se ha dicho en Material y Métodos. Con ninguno de los dos procedimientos de extracción se detectó la presencia de éste compuesto en ninguna de las muestras analizadas, ni siquiera en la de 121°C guardada a 7 días, que es la que cabría esperar que tuviera más cantidad, dadas las altas temperaturas y la refrigeración posterior.

En la figura 58 se muestran dos gráficos obtenidos con el HPLC, en muestra normal, y la misma muestra adicionada, y se puede ver cómo en la muestra normal no se detecta presencia de 5.HMF mientras en la adicionada sí.

Por lo tanto podemos concluir que las muestras analizadas contenían menos de 0,5ppm, y por lo tanto éste compuesto de la reacción de Maillard no se había sintetizado de forma importante. Esto puede deberse a que la cantidad de proteínas o de glúcidos

libres en la judía verde no es suficiente para que la reacción de Maillard se de de forma importante y la producción de HMF no haya sido suficientemente alta para ser detectado.

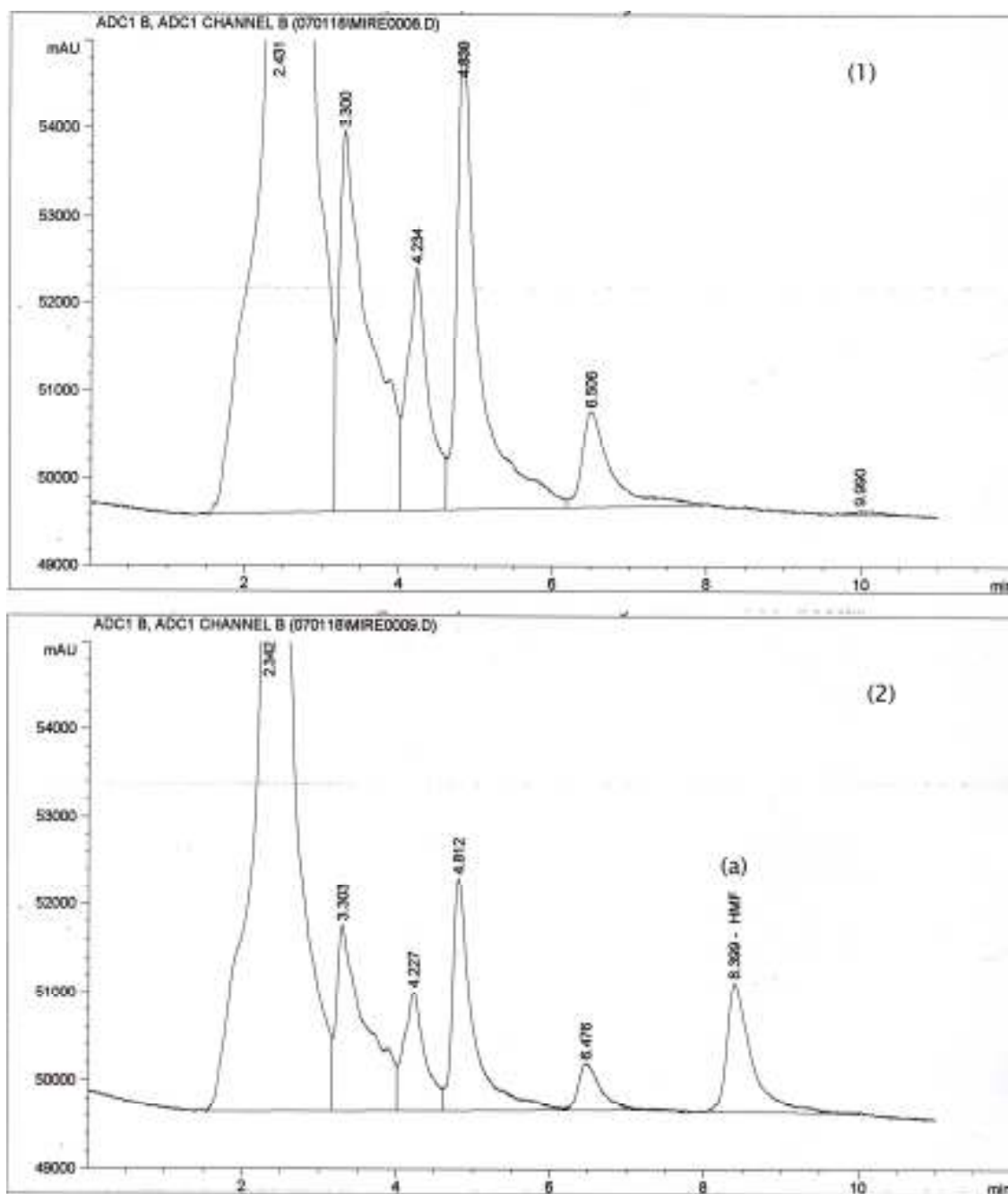


Fig. 58. Gráficos resultado de la determinación de 5-HMF con HPLC, mostrando (1) muestra normal y (2) muestra adicionada, dónde se detecta, en (a) presencia del compuesto.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta todos los parámetros estudiados, se concluye que la temperatura más idónea para la elaboración de un producto de V gama de judía cocida, es la de 110°C, por las siguientes razones:

- Respecto a la firmeza, todo y estar un poco por encima de los estándares comerciales, hay que tener en cuenta que se trata de un alimento entero que tiene que conservar su integridad tanto durante el transporte como en la manipulación, y hay que tener en cuenta también que al ser un alimento que raramente se consume frío, recibirá otro choque térmico antes de su consumo, alcanzando así la firmeza adecuada.
- En lo que a la ternura se refiere, ésta muestra, aunque un poco menos tierna que la media de las comerciales, está dentro de los límites aceptables atendiendo a lo anterior.
- El porcentaje de pérdida de peso es de los menores, preservando así una inferior merma de producto y evitando la pérdida de nutrientes por solubilización.
- Es el tratamiento que mejor conserva el ácido ascórbico e incluso se encuentra algo por encima del estándar encontrado en las conservas comerciales no adicionadas, asegurando así una pérdida de nutrientes esenciales mínima durante el procesado.
- El tratamiento térmico es el más corto necesario para una adecuada cocción, y el tiempo de mantenimiento también es corto, evitando un excesivo gasto de energía total durante el tratamiento.

En esta elección no se han tenido en cuenta los datos de conservación y viabilidad del alimento a largo plazo, ni la destrucción de microorganismos que pudieran atacar el alimento durante la conservación, y por esta razón no podemos descartar que el tratamiento adecuado fuera el de 121°C. Esto también requeriría un estudio sobre la posibilidad de la conservación sin refrigerar.

Por otro lado tampoco se han tenido en cuenta datos económicos ni de consumo de energía, por lo que quizás fuera más adecuado un tratamiento de 100°C más largo que no uno de 110°C más corto.

6. Bibliografía

- Aguilera, José Miguel y de Dios-Alvarado, Juan (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza.
- Ávila I.M., Scout, C., Silva, C., Hendrickx, M. (1999) Development of a novel methodology to validate optimal sterilization conditions for maximizing the texture quality of white beans in glass jars. *Biotechnol. Prog.*, 15, 565-572.
- Casp, A. y Abril, J. (1999). *Procesos de conservación de alimentos*. Ed. Mundiprensa y A. Madrid Vicente. Madrid (España).
- Castillo, M.D.del, Villamiel, M., Olano, A., Corzo, N. (2000). Use of 2-furomethyl derivatives of GABA and arginine as indicators of the initials steps of Maillard Reaction in orange juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 4217-4220
- Eskin, N.A.M.(1990) *Biochemistry of foods*. Ed. Academic Press, California (EUA)
- Favell, D.J. (1998) A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food Chemistry*, Vol. 62, No. 1, pp. 59-64.
- Favier, J.C., Ripert, J.I., Toque, C., Feinberg, M. (1995) *Répertoire general des aliments. Table de composition*. Ed. INRA, 2ª Edicion. Paris (France)
- García-Fernández, Mª del Camino, Mª Trinidad García-Arias, Mª del Carmen García – Linares y Álvaro Villarino Rodríguez (2000) Verduras y Hortalizas: alimentos funcionales de la dieta. *Elaboración de conservas vegetales*, 17-31.
- García-Fernández, Mª del Camino, Mª Trinidad García-Arias, Mª del Carmen García – Linares y Álvaro Villarino Rodríguez (2000) Características sensoriales y valor nutritivo de verduras y hortalizas. *Elaboración de conservas vegetales*, 33-48.
- García-Fernández, Mª del Camino, Mª Trinidad García-Arias, Mª del Carmen García – Linares y Álvaro Villarino Rodríguez (2000) Influencia de los tratamientos tecnológicos sobre las características sensoriales y el valor nutritivo de verduras y hortalizas. *Elaboración de conservas vegetales*, 49-63.
- Giannakourou, M.C., Taoukis, P.S. (2003) Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry*, 83, 33-41.
- Hidalgo, A., Pompei, C. (2000) Hydroxymethylfurfural and Fusorine in Tomato Products. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 78-82.
- Kala, Arunachalam y Prakash, Jamuna (2006). The comparative evaluation of the nutrient composition and sensory attributes of tour vegetables cooked by different methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 163-171.
- Krebbes, B., Master, A.M., Koets, M., Van den Berg, R.W., (2002). Quality and storage-stability of high-pressure preserved green beans. *Journal of Food Engineering*, 54, 27-33.

- Martins R.C., Silva, C.L.M. (2004). Green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) quality loss upon thawing. *Journal of food engineering*, 65, 37-48.
- Nursal, B. y Yücecan, S. (2000) Vitamin C losses in some frozen vegetables due to various cooking methods. *Nahrung*, Nr. 6, S. 451-453
- Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B. (2000). Browning Indicators in Bread. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 4176-4181.
- Rees, J.A.G, Bettison, J. (1991) *Procesado térmico y envasado de los alimentos*. Ed Acribia S.A., Zaragoza (España).
- Rosenthal, Andrew J. (2001) *Textura de los alimentos. Medida y percepción*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza (España)
- Roudot, A.C., (2004) *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza (España)
- Sánchez-Mata, M.C., Cámara, M., Díez-Marqués, M. (2002). Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: micronutrients. *Food Chemistry*, 80, 317-322.
- Sanz Gómez, Javier y M^a del Carmen García Linares. (2000) Conservas y Semiconservas. Sistemas alternativos de conservación. *Elaboración de conservas Vegetales*, 131-136.
- Sanz Gómez, J.(2000) Conservas y semiconservas vegetales. Ecología microbiana. *Elaboración de conservas Vegetales* , 137-155.
- Scott-Blair, G. (1958). Reology in food research. *Advances in food Research*, 8, 1-56.
- Soler, Jonathan (2007) Métodos de extracción de polifenoles. No publicado.
- Stolle-Smits, T., Donkers, J. and Van Dijk, C., (1998) An electron microscopy study on the texture of fresh, blanched and sterilized green bean pods (*Phaseolus vulgaris* L.). *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 31, 237-244
- Theobald, A., Müller, A., Anklam, E. (1998) Determination of 5-Hydroxymethylfurfural in vinegar samples by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 46, 1850-1854.
- Tirilly Y., Bourgeois, C.M. (2002) *Tecnología de las hortalizas*. Ed. Acribia S.A., Zaragoza (España)
- Turkmen, N., Feda, S., Velioglu, Y.S. (2006) Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartaric acid and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99, 835-841.



Wong, Dominic W. S. (1995) *Química de los alimentos. Mecanismos y teoría*. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

Zhang, D., Hamauzu, Y. (2004) Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of brócoli and their changes during convencional and microwave cooking. *Food Chemistry* 88, 503-509.

FUENTES DE INTERNET

Bernal Vela, F.J. *Alimentos de V gama ¿productos seguros?* (2006)
<http://redsicura.iata.csic.es/xarxa/ocs/viewabstract.php?id=64&cf=1>

Consumaseguridad. Diario de seguridad alimentaria.
http://www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad_y_consumo

Instituto Químico Biológico <http://www.iqb.es>

Stable Micro Systems <http://www.stablemicrosystems.com/>

Estadísticas de la FAO <http://faostat.fao.org>

Agroinformación <http://www.agroinformacion.com>

MAPA <http://www.mapa.es>